



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS - RIO CLARO



EDUCAÇÃO FÍSICA

MURILO PERASSOLI

**EFEITOS DO EXERCÍCIO FÍSICO SOBRE O
TECIDO ADIPOSEO MARROM**



Rio Claro
2020

MURILO PERASSOLI

EFEITOS DO EXERCÍCIO FÍSICO SOBRE O TECIDO ADIPOSEO
MARROM

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Gabarra de Oliveira

Coorientador: Thiago Lucas de Castro

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Campus de Rio Claro, para obtenção do grau de Bacharel em Educação Física.

Rio Claro
2020

Dedico este trabalho á minha família e amigos por tornarem esses anos de faculdades os melhores.

RESUMO

A obesidade é um problema mundial que vem crescendo em níveis alarmantes. As principais causas dessa doença são ingestão calórica acima do necessário para a homeostase, alimentação com densidade calórica muito alta e pouco fator nutricional e também o sedentarismo, ou seja, a falta de atividade física. Essa doença vem sendo associada a uma inflamação crônica de baixo grau que por sua vez, pode influenciar o desenvolvimento de outras comorbidades como: resistência à insulina, diabetes mellitus tipo II, hipertensão, doenças coronárias e até mesmo a síndrome metabólica. As complicações decorrentes da obesidade parecem ser evitáveis uma vez que, a prática regular de atividade física por si só já possui capacidade de amenizá-las, principalmente ao que se remete a uma mudança do quadro inflamatório, mais especificamente promovendo um perfil anti-inflamatório. Nesse contexto, mesmo o exercício agudo vem sendo demonstrado ter efeitos anti-inflamatórios. Além disso, se a atividade física estiver aliada a uma alimentação balanceada, a consequente perda de gordura também se mostra responsável por esse efeito anti-inflamatório. Paralelamente, uma alternativa bastante estudada atualmente é o papel do tecido adiposo marrom no controle da obesidade, uma vez que fora descoberta a presença significativa desse tecido em adultos. Esse tecido possui a capacidade de oxidar a gordura para geração de calor, criando assim um ciclo que colabora com a redução do peso corporal, além de melhorar o quadro inflamatório. Dessa forma essa revisão de literatura buscou abordar os estudos que correlacionam o tecido adiposo marrom aos benefícios do exercício físico no contexto da obesidade.

Palavras chaves: Obesidade; Inflamação; Tecido Adiposo Marrom.

ABSTRACT

Obesity is a global problem that has been growing at alarming levels. The main causes of this disease are caloric intake above what is necessary for homeostasis, feeding with very high caloric density and little nutritional factor and also sedentary lifestyle, that is, lack of physical activity. This disease has been associated with low-grade chronic inflammation, which in turn can influence the development of other comorbidities such as insulin resistance, type II diabetes mellitus, hypertension, coronary diseases and even metabolic syndrome. Complications resulting from obesity seem to be preventable since the regular practice of physical activity alone already has the ability to mitigate them, especially to what refers to a change in the inflammatory condition, more specifically promoting an anti-inflammatory profile. In this context, even acute exercise has been shown to have anti-inflammatory effects. In addition, if physical activity is combined with a balanced diet, the consequent fat loss is also responsible for this anti-inflammatory effect. In parallel, a widely studied alternative today is the role of brown adipose tissue in the control of obesity, since the significant presence of this tissue in adults has been discovered. This tissue has the ability to oxidize fat to generate heat, thus generating a futile cycle that contributes to the reduction of body weight, in addition to improving the inflammatory picture. Thus, this literature review sought to address studies that correlate brown adipose tissue with the benefits of physical exercise in the context of obesity.

Key words: Obesity; Inflammation; Brown Adipose Tissue.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVOS.....	9
2.1 Objetivo Geral	9
2.2 Objetivos Específico.....	9
3. MÉTODO.....	10
4. DESENVOLVIMENTO	11
4.1 Tecido Adiposo Branco	11
4.2 Tecido Adiposo Marrom	13
4.3 A importância do exercício físico	15
4.4 O exercício físico e o TAM	20
CONSIDERAÇÕES FINAIS	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

1. INTRODUÇÃO

A obesidade é uma doença multifatorial, envolvendo aspectos biológicos, históricos, genéticos, políticos, socioeconômicos, familiares, psicossociais e culturais. É uma doença complexa com consequências psicológicas e sociais graves que afeta todas as idades e grupos sociais e nos dias de hoje sendo enfrentada como um problema de saúde pública, frequente em vários países e também no Brasil (BRASIL, 2006).

A alta ingestão de gorduras e carboidratos aliados com o sedentarismo resulta no acúmulo excessivo de gordura e como consequência desse quadro surge justamente a obesidade. De acordo com De Fronzo et al. (2012), uma vez estabelecida, a obesidade pode acarretar em outras patologias tais como: dislipidemia, doenças cardiovasculares, resistência à insulina (RI), diabetes mellitus tipo II (DM2), e até mesmo alguns tipos de câncer (DE FRONZO et al., 2012).

Segundo Pimenta e Palma (2001, p. 20) “[...] no Brasil, há cerca de 3 milhões de crianças com menos de 10 anos de idade que sofrem de obesidade [...]”, demonstrando assim que a obesidade cresce de modo acelerado e muito precocemente. A obesidade torna-se um quadro de saúde que cresce cada dia mais, não sendo mais apenas de caráter estético, mas sim um grande problema de saúde pública. (PIMENTA E PALMA, 2001)

Dados da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico - OCDE, com base em dados da Organização Mundial de Saúde (OMS), indicam a possibilidade de ver que o Brasil está alcançando os países ricos quando comparadas as taxas de obesidade. Ainda, segundo a OMS o índice de obesidade no Brasil aumentou de 43% para 51% no período entre os anos de 2006 e 2012 (OMS, 2012). Tais dados de prevalência explicitam a alarmante situação que nosso país vem enfrentando.

Indivíduos obesos se encontram um estado crônico de inflamação subclínica (YE, 2013). De acordo com a literatura, esse estado parece ser a principal causa da RI e DM2 no contexto da obesidade. Contudo, em condições fisiológicas, a inflamação é uma resposta celular e molecular natural de defesa do organismo, a qualquer patógeno ou infecção e é necessário para a recuperação dos órgãos e tecidos (YE, 2013).

Alguns dados da OMS apontam que 85% dos pacientes portadores de diabetes mellitus tipo II são obesos, o que aponta para um dado alarmante, de que 16 milhões de brasileiros sofrem de diabetes. Ainda de acordo com o estudo, a taxa de incidência cresceu 61,8% nos últimos dez anos. O Rio de Janeiro aparece como a capital brasileira de maior prevalência de diagnósticos médicos de diabetes relacionada a obesidade com 10.4 casos para cada 100 mil habitantes.

A prevalência de gordura abdominal reflete um aumento de gordura visceral que está relacionado com a resistência à insulina, aumentando também o risco de outras alterações metabólicas. Outra complicação muito grave da obesidade é a apneia do sono, cujo mecanismo etiopatogênico ainda não está esclarecido. O excesso de peso sobre as articulações, especialmente as do quadril e do joelho, favorece o aparecimento de lesões traumáticas das superfícies articulares, facilitando o aparecimento de lesões inflamatórias crônicas e degenerativas (YE, 2013).

Esta pesquisa irá descrever o Tecido Adiposo Marrom (TAM) em sua estrutura e funcionalidade no organismo humano, a fim de compreender de que maneira a prática de exercícios físicos se relaciona a esse tecido no tratamento de obesidade. Enquanto o Tecido Adiposo Branco (TAB) armazena gordura, o TAM oxida os lipídeos para gerar calor através de uma via "*non-shivering*", que significa sem tremor muscular (WARWICK; BUSBY, 1990).

Existem estudos que associam o IMC (Índice de Massa corporal) à quantidade de TAM no organismo: quando sua quantidade é baixa, o IMC é alto. Porém não é certa ainda como essa relação entre obesidade e TAM se dá; se a obesidade reduz o TAM ou se uma quantidade maior dele previne a obesidade de alguma maneira.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar, através de revisão de literatura, a relação do tecido adiposo marrom nos efeitos do exercício físico no contexto da obesidade.

2.2 Objetivos Específicos

Discutir a influência do Tecido Adiposo Marrom na homeostase energética e sua contribuição no combate à obesidade; compreender o mecanismo e estrutura do TAM.

3. MÉTODO

A metodologia usada neste trabalho consistiu em uma revisão de literatura não sistemática, utilizando os termos Obesidade, Tecido Adiposo Marrom, Brown Adipose Tissue. Para tanto, foram utilizadas as bases de dados PubMed, Google Acadêmico, Scielo e o sistema de bibliotecas da Unesp para a busca de artigos, teses e dissertações publicadas nos últimos 10 anos.

4. DESENVOLVIMENTO

4.1. Tecido Adiposo Branco

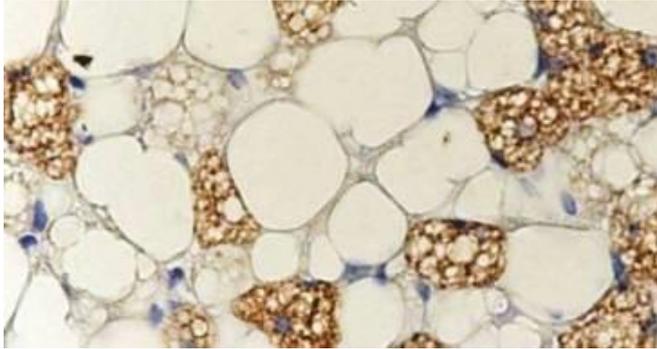
O Tecido Adiposo Branco (TAB) é um tecido-órgão mais comum nos humanos. Os adipócitos uniloculares são células arredondadas e volumosas, com um núcleo achatado localizado em sua periferia. Seu citoplasma é escasso e aparece de forma delgada envolvendo a gota lipídica (MEDRADO, 2014). Este tipo de tecido adiposo possui uma cor que varia do branco ao amarelo, de acordo com a dieta do indivíduo e a ingestão de alimentos com caroteno, um corante natural que escurece a cor da gordura (MEDRADO, 2014).

O TAB se desenvolve e assume a função de armazenamento de triglicerídeos em sua porção central, numa gota lipídica, fazendo com que as outras organelas se desloquem para a parte periférica da célula (FONSECA-ALANIZ et al., 2006). Ele tem a capacidade de modificar seu tamanho de acordo com a quantidade de triglicerídeos que acumulam em seu núcleo. Ele se comporta mais como um órgão do que como um tecido, por apresentar uma variedade de célula grande que possui em sua estrutura (FONSECA-ALANIZ et al., 2006).

O TAB está presente na camada subcutânea do corpo. Sua quantidade depende do biótipo, sexo e idade do indivíduo. É a camada onde são realizadas aplicações de procedimentos estéticos (VIRTANEN et al., 2009).

Essa região do corpo possui grande irrigação de vasos sanguíneos capilares, chamado de plexo hipodérmico. Dentro do organismo humano, o TAB se infiltra em órgãos e vísceras da cavidade abdominal e mediastino, oferecendo proteção mecânica para os músculos ao seu redor, além de agir como isolante térmico também (FONSECA-ALANIZ et al., 2006).

Figura 1: Tecido Adiposo Branco



Fonte: MÜLLEROVÁ; KOPECKÝ (2006)

Nos seres humanos adultos, praticamente todo o tecido adiposo é unilocular. O estudo histológico deste tecido é prejudicado pelo uso das técnicas histológicas convencionais, visto que os solventes utilizados no processamento dos tecidos (álcool e xilol) dissolvem a gota lipídica (LIMA, 2008). Para estudar adequadamente o tecido adiposo, seria melhor usar técnicas que mantenham a gota lipídica intacta, como congelação e criomicrotomia, ou fixação com tetróxido de ósmio e posterior inclusão com resinas hidrofílicas, como a JB4 (MEDRADO, 2014).

Além disso, descobriram sua capacidade de secreção de substâncias relacionadas à obesidade no organismo, devido ao sedentarismo e ingestão excessiva de calorias (ENERBÄCK, 2010).

Entende-se que o TAB, é visto como um depósito de energia na forma de triacilgliceróis, sendo ainda considerado um isolante térmico e por atuar como órgão endócrino, tem a capacidade de produzir e liberar adipocinas; vários tipos de hormônios, citocinas e fator de crescimento que regula os diferentes processos biológicos, que permite que o organismo se adapte as situações mais adversas como estresse, fome, infecções, em período curto em que seja necessário um excesso no consumo de calorias (RODRÍGUEZ et al., 2015; HACZEYNI et al., 2017).

Essa substância que está envolvida nessa regulação da homeostase de lipídeos e carboidratos (GALIC et al., 2010; COELHO et al., 2013), atua de forma autócrina, parácrina e sistêmica ajudando a regular os sistemas imunológico e vascular (GALIC et al., 2010; OUCHI et al., 2011).

Observa-se nos estudos, que o TAB se torna um agravo na saúde das pessoas, no momento em que o acúmulo de triglicerídeos aumenta e leva o tecido a uma inflamação que secreta no organismo hormônios que estão ligados ao

desenvolvimento de doenças cardiovasculares, diabetes e inclusive alguns tipos de câncer, o que leva a uma compreensão de que ele deve ser um dos alvos dos cuidados básicos com a saúde.

4.2 Tecido Adiposo Marrom

Existe por sua vez outro tipo de tecido adiposo, denominado Tecido Adiposo Marrom (TAM), conhecido por sua alta atividade termogênica, que auxilia no controle e regulação da temperatura corporal (WARWICK; BUSBY, 2014).

O tecido adiposo multilocular recebe este nome porque seus adipócitos apresentam várias pequenas gotas lipídicas distribuídas em seu citoplasma, em contraposição à grande e única gota do tecido unilocular (MEDRADO, 2014).

É também chamado de tecido adiposo pardo, em função da vascularização abundante e da presença de numerosas mitocôndrias (que têm cor avermelhada) em suas células. Tal tecido é também chamado, erroneamente, de glândula hibernante, por possuir células dispostas de forma epitelióide e ser abundante em animais que hibernam (MEDRADO, 2014).

Em Lean e James (1986) encontra-se a menção de que o TAM é importante na defesa do organismo contra o frio, principalmente em mamíferos de pequeno porte como camundongo e animais que hibernam como urso polar (KLINGENBERG, 1999).

O TAM ainda se tornou conhecido como baby fat, porque achava-se que somente as crianças e jovens o possuíam, mas em estudos mais novos com uso de tomografia por emissão de pósitrons, foi revelado que adultos o tem e que sua expressão está aumentada após a exposição a baixas temperaturas por um determinado espaço de tempo (CANNON; NEDERGAARD, 2004).

Ao ser ativado pela liberação da noradrenalina, o TAM executa a lipólise e a oxidação dos ácidos graxos daí provenientes. A oxidação destes ácidos graxos, porém, ao invés de produzir ATP, como nos outros tecidos, vai gerar calor. Isto se deve à presença, na membrana interna das mitocôndrias destas células, de uma proteína chamada termogenina (MEDRADO, 2014).

O TAM é especializado em termogênese, promove e dissipa a energia química na forma de calor, respondendo ao frio ou ao excesso de alimentação

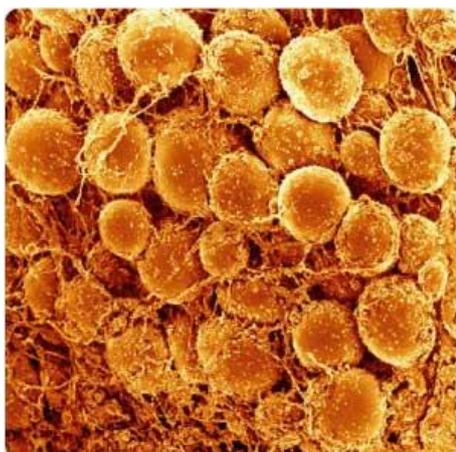
(KAJIMURA et al., 2008). Seus adipócitos têm gotículas lipídicas e alta densidade de mitocôndrias (KOPPEN e KALKHOVEN, 2010). Tendo ainda característica de uma alta expressão de UCP1 (Uncoupling Protein-1), proteína da membrana interna da mitocôndria, que é exclusiva nesse tipo de tecido, e ainda é responsável por transportar os prótons, no espaço intermembranas para a matriz mitocondrial, o que ajuda na promoção do gradiente eletroquímico que se usa na síntese de ATP (KLINGENBERG, 1999).

Por ter uma alta capacidade oxidativa, o TAM acaba influenciando no aumento da taxa metabólica do corpo, reduzindo a obesidade (KAJIMURA et al., 2008, LOWELI e SPIEGELMAN, 2000).

Isso acontece, devido à o aumento da atividade nervosa simpática no tecido adiposo, pela ativação de alguns receptores transiente *receptor potential channels* (TRP). A noradrenalina que é liberada pelo sistema nervoso simpático se liga aos β -adrenérgicos (β AR), que inicia uma cascata de sinalização de hidrólise de triglicerídeos (SAITO, 2013).

Essa cor escura do tecido é devido a enzima citocromo oxidase dentro da mitocôndria da célula (BOSTROM et al., 2012). As células do TAM possuem gotas lipídicas no citoplasma, além de uma quantidade alta de mitocôndrias, conforme mostra a figura 2:

Figura 2: Tecido Adiposo Marrom



Fonte: CANNON; NEDERGAARD (2004)

4.3 A importância do exercício físico

Em estudos realizados por Petrella e Wight (2000), pode-se ver algumas colocações feitas pelos autores e que eram desconhecidas sobre a prática de esporte como benefício à saúde, já em outro estudo feito por Araújo e Araújo (2000), tem-se evidências da pesquisa realizada onde os autores mostram uma considerável melhoria nos âmbitos saudáveis trazidos pela prática de atividade física e os muitos benefícios a saúde que podem ser adquiridos.

Dessa forma, o ser humano dispõe de muitas informações e conhecimento e tem maior conhecimento de que hábitos saudáveis, e exercícios são essências para a saúde e qualidade de vida, permitindo que o indivíduo possa atingir maior longevidade e ter uma vida melhor.

Esses estudos documentados comprovam que os benefícios do exercício físico a saúde, foram observados em pesquisas realizadas por profissionais, que atuam nas mais diversas áreas de exercício físico, Educação Física e de Medicina do Exercício e do Esporte, por meio de uma metodologia de pesquisa epidemiológica, e mostravam que a inatividade e a pouca prática de exercícios físicos, são prejudiciais à saúde (ARAÚJO; ARAÚJO, 2000).

As academias, áreas de lazer entre outros espaços de atividades físicas, estimulam a prática mais ativa de exercício físico, e isso vem melhorar ainda mais a saúde na população (ARAÚJO; ARAÚJO, 2000). A prática de exercícios precisa estar não somente inserida no cotidiano do ser humano, mas precisa ser parte da cultura popular voltada ao incentivo social proporcionando ao ser humano o direito de estar ativo fisicamente e com saúde no exercício de suas habilidades e competências, e em relação ao fator econômico, investimento em menores custos na busca da saúde individual e coletiva (ARAÚJO; ARAÚJO, 2000).

Segundo Caracciolo (2012), os motivos para se praticar exercícios têm em seu contexto reforçar a musculatura e o sistema cardiovascular; aperfeiçoar habilidade atlética, perder peso ou manter o corpo em forma. O autor ainda classifica os exercícios em dois aspectos: exercícios aeróbios, que se relacionam ao esforço mais moderado e usando o oxigênio a fim de fornecer maior fonte de energia para a contração muscular; e, exercícios anaeróbicos, que são de alta intensidade porém curta duração (CARACCILO, 2012).

A prática de exercícios associada a uma alimentação saudável, balanceada e correta, proporciona diversos benefícios para o sistema respiratório e cardiovascular, fortalece os músculos, e ainda ajuda na regularidade do intestino, diminui o nível de colesterol, combate e previne a obesidade e atuando ainda como analgésico para dor nas articulações e fortalecer os ossos (SILVA, 2012).

Silva (2012), em seu trabalho de pesquisa demonstrou que diversas doenças como o câncer, a diabetes, Alzheimer acabam tendo relativa melhora com a atividade física. Aumentar a atividade física em uma população traz muitas contribuições para a economia local, pois comprovadamente uma população mais saudável traz menos custo ao Estado no quesito saúde pública, diminuindo as internações nos hospitais, observação nos centros de saúde pela parte clínica e diminui o gasto com medicação, antidepressivos, os ansiolíticos e os fármacos para combater a insuficiência venosa, a insônia, a osteoporose, entre outros (SILVA, 2012). Assim sendo o autor ainda coloca que com uma boa dose de exercícios e mudanças no hábito de vida, é possível que se leve uma vida mais saudável e tranquila.

Mcardle, Katch e Katch (2002) colocam que a perda da massa muscular acontece justamente pela falta de uso, e assim um bom programa de exercícios resistido vai contribuir na reversão desse quadro, e tornar a perda mais lenta.

No caso de busca de força o treinamento resistido pode ser feito com peso livres ou nos aparelhos de musculação, existem trabalhos que podem comprovar o ganho muscular do idoso que responde bem ao treino de força de alta intensidade que se mostra seguro e eficiente ajudando a aumentar a densidade óssea femoral e lombar, além do aumento da massa muscular e força física (MORAES, 2009).

Assim de acordo com Gobbi, Villar, Zago (2005), os exercícios resistidos em treinamento melhoram a eficiência do movimento, estimulando a força, potência, resistência, flexibilidade e coordenação, assim a resistência do idoso de acordo com o esforço prolongado e intenso, a flexibilidade aumenta em função da amplitude dos movimentos intenso e da amplitude das articulações, a coordenação passa a ser melhor devido aos exercícios que são mais amplos e lentos, estimulando terminações nervosas proprioceptores, que se responsabilizam pelo equilíbrio, precisão de movimentos e consciência corporal.

Embora seja vista como um elemento de grande importância para a promoção da saúde, a prática de exercícios ainda não fazem parte da rotina diária de muitas

peças, seja por falta de tempo ou algum empecilho ambiental, que acaba prejudicando essa prática (GOBBI et al., 2005). O fato é que grande parte da população apresenta um estilo de vida sedentário, o que pode levar ao risco de aparecimento e/ou agravamento de doenças crônicas. Devido a esses motivos, começaram a ser implementadas recentemente programas de incentivo em massa para a prática de atividade física entre a população, com o intuito de prevenir agravos à saúde e garantir maior qualidade de vida (GOBBI et al., 2005).

A melhor definição para exercício físico é contração muscular. Durante a contração dos músculos esqueléticos ocorre consumo de energia e estímulos de diversas funções orgânicas. A contração muscular geralmente leva ao movimento do corpo, mas nem sempre. Quando músculos que realizam movimentos opostos nas articulações são ativados simultaneamente, não ocorre movimento. Essa situação é bastante comum nas atividades da vida diária, no trabalho físico e nos esportes. A contração muscular produz seus efeitos no organismo independentemente de sua finalidade (SANTARÉM, 2017).

O exercício físico é o fator importante para estimular a saúde geral das pessoas, diminuindo a ocorrência de mortes por todas as causas. Esse é um consenso bem estabelecido e com sólidas bases em evidências, algumas revisadas no posicionamento do *American College of Sports Medicine* sobre exercício e atividade física para adultos idosos publicado na revista *Medicine and Science in Sports and Exercise* em 2009 (CHODZKO-ZAJKO, 2009).

Os exercícios físicos conseguem diminuir a ocorrência patologias graves, controlando doenças crônicas que evoluem para a aterosclerose. Essas doenças são a hipertensão arterial, o diabetes do tipo 2, a obesidade e a dislipidemia, caracterizada pelos níveis alterados das gorduras do sangue. Muitas vezes, não é possível evitar essas doenças em virtude de predisposição genética, mas mesmo nesses casos, o exercício físico consegue retardar ou impedir a evolução para a degeneração vascular (SANTARÉM, 2017).

Estudos populacionais demonstraram que exercícios intensos são mais eficientes para estimular a saúde cardiovascular que os exercícios mais suaves. Um trabalho de Tanasescu et al. publicado na revista *Journal of the American Medical Association*, em 2002, relata o acompanhamento de 44.452 homens durante doze anos e verificou que o risco para doença arterial coronariana diminuiu em 42% nos indivíduos que praticaram corrida com a média semanal de uma hora; em 18% nos

que praticaram remo com a média semanal de uma hora; e em 23% nos que praticaram musculação com a média semanal de apenas meia hora (SANTARÉM, 2017).

Embora outros trabalhos confirmem que exercícios mais intensos são mais eficientes para promover a saúde cardiovascular, as recomendações de atividade física para a população costumam indicar exercícios aeróbicos suaves, como caminhada, para evitar sobrecarga desnecessária em organismos não acostumados a exercícios rotineiros (YU et al., 2003). Pessoas motivadas a praticar exercícios intensos podem iniciar as atividades sem a devida avaliação de fatores de risco e orientação técnica, submetendo-se assim a riscos consideráveis (YU et al., 2003).

Os efeitos promotores de saúde cardiovascular da atividade física foram inicialmente divulgados com relação aos exercícios aeróbicos, que nas décadas de 1960 e 1970 foram muito estudados em decorrência do conceito vigente na época que associava a saúde geral com a aptidão cardiorrespiratória. Nos anos 1980 e 1990, os exercícios resistidos também foram bastante estudados em função de serem muito praticados (BRAITH, STEWART, 2006). Os trabalhos mais recentes mostraram que os mesmos efeitos promotores de saúde cardiovascular inicialmente identificados nos exercícios aeróbicos também ocorrem em populações ativas em trabalho braçal e em praticantes de musculação. Importantes revisões de literatura sobre os efeitos promotores de saúde cardiovascular dos exercícios resistidos ajudaram a esclarecer o tema (WILLIAMS, STEWART, 2009).

Outro aspecto da saúde é o pertinente ao aparelho locomotor. Processos de desgaste progressivo dos tecidos musculoesqueléticos, denominados processos degenerativos, tendem a ocorrer durante o envelhecimento e são substancialmente agravados pelo sedentarismo. Os ossos tornam-se mais frágeis, as cartilagens perdem vitalidade e espessura, os músculos perdem elasticidade e força, os tendões enfraquecem e as cápsulas articulares ficam menos elásticas, restringindo os movimentos. A atividade física estimula a integridade e a função desses tecidos, contrapondo-se ao envelhecimento e ao sedentarismo. Embora toda atividade física vigorosa tenha esses efeitos, a maior eficiência e segurança são encontradas nos exercícios resistidos, como revisado posicionamento do *American College of Sports Medicine* sobre Exercício e Atividade Física para Adultos (SANTAREM 2017).

A capacidade de realizar esforços é dependente das qualidades de aptidão física, todas determinadas pela genética individual, mas que podem ser aprimoradas

em maior ou menor grau pelo treinamento físico (GEIS, 2008). Uma classificação simples e didática das qualidades de aptidão física a ser usada para avaliar: Destreza é a capacidade de coordenar adequadamente os movimentos. Flexibilidade é a capacidade de realizar movimentos amplos nas articulações. Velocidade é a capacidade de realizar movimentos rápidos. Força é a capacidade de gerar tensão muscular. Resistência é a capacidade de prolongar esforços (SANTAREM 2017).

Um princípio do treinamento esportivo comprovado pela prática propõe que quando se associa musculação com exercícios aeróbicos e com treinamento de flexibilidade conseguimos desenvolver ao máximo todas as qualidades de aptidão física (SANTAREM 2017). Esse princípio de treinamento passou também a orientar as recomendações de exercícios para as populações e não é possível negar que é bom desenvolver todas as qualidades de aptidão e associar diversos estímulos salutarés. No entanto, é preciso considerar que existem situações em que não é possível ou não é adequado realizar (SANTAREM 2017).

Santarém (2017) comenta ainda que, de outro lado, não é adequado realizar exercícios quando a pessoa não sentir prazer na atividade. Para que exercícios sejam incorporados como hábitos devem ser agradáveis para a pessoa, caso contrário, a possibilidade de desistência será grande. Sob todos os aspectos, é melhor que a pessoa realize apenas um tipo de exercício do que ser sedentária (SANTAREM 2017). É primordial que a atividade física seja adaptada aos grupos de várias faixas de idade, por meio de divulgação e campanhas visando conscientizar a população dos benefícios trazidos pela sua prática (SANTAREM 2017).

A incidência e as repercussões sobre os benefícios do exercício no organismo, tanto em nível físico quanto psíquico, são muitas, devendo ser mantido o máximo de tempo possível, a autonomia física e mental. Para isso, é necessário adquirir alguns hábitos de conduta e uma forma de viver que se relacione com a saúde (GEIS, 2008). E entre esses hábitos, estão os alimentares, tanto na qualidade quanto na quantidade; realização de atividade física, dormir saudável (no mínimo oito horas), evitar uso de bebidas alcoólicas; não levar uma vida estressante; etc. Nesse aspecto visa-se a melhor qualidade de vida em meio ao mundo turbulento e agitado que vivemos atualmente.

Ressalta-se aqui que a prática só tem resultado benéfico se for feita dentro de um planejamento e com supervisão de um profissional de educação física, habilitado

e com conhecimento dentro da área que possa ajudar naquilo que o idoso almeja. O professor de educação física deve estar comprometido com o idoso, oferecendo condições de melhoria na sua saúde e qualidade de vida com os exercícios sendo adaptados de acordo com suas necessidades.

4.4 O exercício físico e o TAM

Compreende-se como esporte um exercício físico que permite uma interação social e que através de suas regras orienta o comportamento e a postura dos participantes. O esporte trabalha além da interação social o desenvolvimento motor também, podendo ainda estimular uma competitividade saudável entre os envolvidos (IMPOLCETTO et al., 2013).

As atividades esportivas são realizadas geralmente para obtenção de um condicionamento físico maior, melhora da qualidade de vida, ou para realização de competições. Nem todo esporte requer esforço físico dos participantes, podendo exigir mais concentração e estratégia do que força (IMPOLCETTO et al., 2013).

Os exercícios físicos são importantes na vida de todas as pessoas independente da idade em que estão. Existem estudos, segundo Nahas (2001) que comprovam que uma vida ativa melhora saúde, bem-estar e reduz o risco de doenças e de morte. Nos idosos, a falta de atividade física é um fator agravante, uma vez que eles são mais suscetíveis a diversas patologias que podem inclusive ser causadas pela inatividade e consequente exclusão social (NAHAS, 2001).

Nahas afirma que:

A prática regular de exercícios físicos promove uma melhora fisiológica (controle da glicose, melhor qualidade do sono, melhora da capacidade física relacionada à saúde); psicológica (relaxamento, redução dos níveis de ansiedade e estresse, melhora do estado de espírito, melhoras cognitivas) e social (indivíduos mais seguros, melhora a integração social e cultural, a integração com a comunidade, rede social e cultural ampliadas, entre outros); além da redução ou prevenção de algumas doenças como osteoporose e os desvios de postura (NAHAS, 2001, p.11).

Se exercitar ajuda a melhorar a oxigenação do sangue, a controlar a glicemia, acelera o metabolismo, melhora a disposição do corpo e reduz dores características da idade e a atividade do sistema digestivo. Também é importante para prevenir

doenças cardiovasculares, aumenta a taxa de colesterol HDL e reduz a taxa do colesterol LDL, além de melhorar o humor (BENEDETTI et al., 2003).

A prescrição de exercícios deve encontrar aceitação e satisfação de quem vai praticá-lo, a fim de evitar o desinteresse inicial que poderá resultar em um abandono futuro e, conseqüentemente, na perda dos benefícios proporcionados pela prática regular da atividade física (JACOB FILHO, 2006).

Os exercícios devem ser realizados com intensidade progressiva, porém, respeitando a habilidade de cada indivíduo. A série de exercícios deve se compor de aquecimento, condicionamento, fortalecimento e resfriamento, com duração média de quarenta e cinco minutos (IDE et al, 2007). Durante todos os exercícios propostos devem ser solicitadas inspiração e expiração profundas, de modo que a inspiração acompanhe os movimentos que envolvem aumento da amplitude da caixa torácica, por exemplo, ao abduzir ou fletir a articulação do ombro (IDE et al., 2007).

O efeito benéfico geralmente aparece entre a quarta e oitava semana de treinamento geralmente feito em uma carga 80% da carga máxima, em exercícios que trabalham vários grupos musculares, em duas séries com 8 a 10 repetições e em uma frequência semanal de duas vezes por semana (MATSUDO, 2006). Estudos demonstram que mesmo que o indivíduo pare de realizar este tipo de exercício a força muscular é mantida em níveis acima dos basais, antes do programa, durante pelo menos 20 até 32 semanas após o término do programa (MATSUDO, 2006).

Os exercícios são uma das principais formas de aumentar o gasto calórico do corpo, a fim de proporcionar a queima de gordura e conseqüentemente o emagrecimento corporal.

O exercício aeróbio oferece menor intensidade e utiliza os lipídios como fonte de energia predominante. Esse tipo de exercício, quando realizado em intensidade entre 60% a 85% do VO_2 ou da $FC_{máx}$ estimula a enzima AMPK, importante no equilíbrio energético celular e na mediação do metabolismo glicolítico e oxidativo (TUNSTALL et al., 2002).

Exercícios intervalados possuem intensidade maior que o aeróbio com picos de intensidade de VO_2 que variam entre 85% e 250% e induz o organismo a maior oxidação lipídica (GIBALA, 2009).

O treino de força é anaeróbio e se baseia em exercícios resistidos, com pesos e musculação, e oferece inúmeros benefícios para a saúde, incluindo a redução do tecido adiposo e melhoria da massa magra corpórea. Após o treino, quanto maior a

duração do EPOC – Consumo de oxigênio em excesso pós-exercício, mais gasto de caloria o corpo produz e conseqüentemente maior a oxidação da gordura e o processo de emagrecimento (HADDOCK; WILKIN, 2006).

Uma vez que o TAM é capaz de aumentar o gasto energético, necessitam-se mais estudos a fim de verificar se o exercício físico possui influência sobre esse tecido, contribuindo assim para a sua hipertrofia e hiperplasia.

Brondani et al. (2012, p.215), subdivide o gasto energético em humanos em “taxa metabólica basal, gasto energético resultante de exercícios físicos e gasto energético atribuído a termogênese adaptativa, esta última responde a mudanças na temperatura ambiente e dieta”. A termogênese adaptativa tem como seu principal sítio de ação as mitocôndrias do tecido adiposo marrom (TAM) (CANNON; NEDERGAARD, 2004).

Na termogênese adaptativa tem dois sistemas envolvidos diferentes. A UCP-1 parece ser específica do TAM. A Ca^{2+} -ATPase do retículo sarcoplasmático (músculo esquelético) e endoplasmático (outros tecidos), conhecida como SERCA (*Sarcoendoplasmic Reticulum Calcium Transport*), parece ser a principal via para a termogênese não relacionada ao tremor muscular no músculo esquelético (DE MEIS, 2001).

Com a exposição ao frio, aumenta a quantidade de SERCA, aonde ocorreu também no retículo endoplasmático e mitocôndrias do TAM, e não nos adipócitos brancos (DE MEIS et al., 2006). Assim, a SERCA, além da UCP-1, exerce papel importante na termogênese do TAM (CANNON; NEDERGAARD, 2004).

A Termogênese induzida pela leptina foi demonstrada em camundongos deficientes em UCP-1 (UCP-1^{-/-}), possivelmente tendo um aumento nos hormônios da tireoide que se correlacionam positivamente com a atividade da SERCA nos músculos (UKROPEC et al., 2006).

A homeostase energética da função do hormônio da tireoide foi estudada, mais ainda não é totalmente entendido (CANNON; NEDERGAARD, 2004).

A ação do hormônio da tireoide é mediada pela família de receptores tireoidianos que pode funcionar como repressores ou ativadores transcricionais na ausência ou presença de hormônio da tireoide, respectivamente. O gene de UCP-1 é controlado pelo hormônio da tireoide, também parece estar envolvido na diferenciação de pré-adipócitos marrons, in vitro (ROSS et al., 1992; KLAUS et al., 1994).

Ativando o TAM por exposição ao frio, causa um aumento surpreendente da atividade da enzima 5'-desiodase tipo II que catalisa a conversão do hormônio tireoidiano tiroxina (T_4) na substância ativa T_3 (SILVA, 2006). No caso os adipócitos marrons promovem o aumento na concentração local da T_3 saturando os receptores (CANNON; NEDERGAARD, 2004; SILVA, 2006).

A desnervação simpática do TAM promove atrofia do tecido, redução da sua capacidade termogênica, e modificação da distribuição de lipídios, passando de multilocular para unilocular, característica dos adipócitos brancos (DESAUTELS; DULOS; MOZAFFARI, 1986; CHAMPIGNY et al., 1991).

A resposta trópica do TAM varia quantitativa e qualitativamente com a natureza do estímulo externo como, idade, sexo, dieta e genética do sujeito. Algumas destas variações podem ser atribuídas a diferenças na atividade do sistema nervoso simpático (SNS), mas outras também podem ser devido a variações no TAM e em seu controle por meio de outros fatores (HIMMS-HAGEN, 1985).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Compreende-se que pessoas com excesso de peso apresentam maior índice de inflamação crônica, que representa o aumento de tecido adiposo, e estão mais propensas ao desenvolvimento de doenças cardiovasculares, resistência insulínica, hipertrigliceridemia e hipercolesterolemia.

Compreende-se que os tecidos adiposos branco e marrom possuem atividades opostas, onde o branco produz substâncias inflamatórias e o marrom além da termogênese produz substâncias anti-inflamatórias que ajudam na proteção cardiovascular e sensibilidade do organismo a insulina, ou seja, é realmente benéfico ao organismo e saúde do indivíduo.

Foi possível ver nas pesquisas realizadas, que existem estudos que falam sobre a possível mudança do TAB após o organismo ser exposto a exercícios regulares e estímulos externos, como frio mais intenso e, obviamente uma alimentação mais balanceada, sugerindo que ele assumiria características do TAM, modificando assim sua atividade no organismo.

Todavia, percebe-se que ainda se faz necessária a realização de maiores estudos sobre o tema, exercícios e o Tecido Adiposo Marrom, para que sejam esclarecidas de maneira mais detalhada essa relação, e os benefícios que são oferecidos para a saúde das pessoas no que tange a promoção da saúde, prevenção ou tratamento da obesidade e de suas comorbidades.

REFERÊNCIAS

1. AHIMA, R. S.; FLIER, J. S. Adipose tissue as an endocrine organ. **Trends Endocrinol Metab.**,v. 1, n. 8, p. 327-332, oct. 2000.
2. ALMIND, K. et al. Ectopic brown adipose tissue in muscle provides a mechanism for differences in risk of metabolic syndrome in mice. **Proc Natl Acad Sci.**,v. 104, n. 7, p. 2366-2371, 2007.
3. BENEDETTI, T. B.; PETROSKI, E. L.; GONÇALVES, L. T. **Exercícios físicos, autoimagem e autoestima em idosos asilados. Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano.** v. 5, n. 2, p. 69 – 74, 2003.
4. BOSCHINI, R. P, GARCIA JÚNIOR, J. R. Regulação da expressão gênica das UCP2 e UCP3 pela restrição energética, jejum e exercício físico. **Rev. Nutri. Campinas.** 2005. 18(6)753-764.
5. BOSTRÖM, P.; WU, J.; JEDRYCHOWSKI, M.P.; KORDE, A.; YE, L.; LO, J.C.; et al. A PGC1 α -dependent myokine that drives browning of white fat and thermogenesis. **Nature.** 2012; 481(7382):463-8.
6. BROETTO, F.N.; BRITO, M.N.. Tecido adiposo marrom e obesidade em humanos. **Revista Saúde e Pesquisa**, v. 5, n. 1, p. 121-135, jan./abr. 2012 - ISSN 1983-1870.
7. BRONDANI, L de A.; et al. The role of the uncoupling protein 1 (UCP1) on the development of obesity and type 2 diabetes mellitus. **Arq Bras Endocrinol Metabol**, 2012. 56(4): p. 215-25.
8. CANNON, B.; NEDERGAARD, J. B. Adipose tissue: function and physiological significance. **Physiol Rev.**,v. 84, n. 1, p. 277-359, 2004.
9. CANNON, B.; NEDERGAARD, J. B. Thermogenesis challenges the adipostat hypothesis for body-weight control. **Proc Nutr Soc.**,v. 68, n. 4, p. 401-407, 2009.
10. CANNON, B.; NEDERGAARD, J. Brown adipose tissue: function and physiological significance. Stockholm University, Estocolmo, Suécia. Em: **Physiological Reviews.** 2004; 84:277–359.
11. CHOW, L.; FROM, A.; SEAQUIST, E. Skeletal muscle insulin resistance: the interplay of local lipid excess and mitochondrial dysfunction. **Metabolism** 59: 70-85, 2010.

12. CHOWDHURY, K.K.; LEGARE, D.J.; LAUTT, W.W. Interaction of antioxidants and exercise on insulin sensitivity in healthy and prediabetic rats. **Can J Physiol Pharmacol.** 91: 570-577, 2013.
13. CINTI, S. The role of brown adipose tissue in human obesity. **Nutr Metab Cardiovasc Dis.**, v. 16, n. 8, p. 569-574, 2006.
14. CINTI, S. The adipose organ. **Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids.**, v. 73, n. 1, p. 9-15, 2005.
15. COHADE, C.; MOURTZIKOS, K. A.; WAHL, R. L. "USA-fat": prevalence is related to ambient outdoor temperature – evaluation with 18F-FDG PET/CT. **J Nucl Med.**,v. 44, n. 8, p. 1267-1270, 2003.
16. CONUS, F.; RABASA-LHORET, R.; PÉRONNET, F. Characteristics of metabolically obese normal-weight (MONW) subjects. **Appl Physiol Nutr Metab.**, v. 32, n. 1, p. 4-12, 2007.
17. DE FRONZO, R.A. et al. The effect of insulin on the disposal of intravenous glucose: results from direct and indirect calorimetry and hepatic and femoral venous catheterization. **Diabetes**, v.30, p.1000–1007, 1981.
18. DE MEIS, L. Brown adipose tissue Ca²⁺-ATPase: uncoupled ATP hydrolysis and thermogenic activity. **J Biol Chem.**,v. 278, n. 43, p. 41856-41861, 2003.
19. DE MEIS, L. et al. Identification of a Ca²⁺-ATPase in brown adipose tissue mitochondria. **J Biol Chem.**,v. 281, n. 24, p. 16384-16390, 2006.
20. DE MEIS, L. Role of the sarcoplasmic reticulum Ca²⁺-ATPase on heat production and thermogenesis. **Biosci Reports**, v.21, n.2, p.113-137, 2001.
21. DEFRONZO, R. A. Dysfunctional fat cells, lipotoxicity and type 2 diabetes. **Int J Clin Pract.**,v. 58, n. s143, p. 9-21, 2004.
22. DESAUTELS, M.; DULOS, R. A.; MOZAFFARI, B. Selective loss of uncoupling protein from mitochondria of surgically denervated brown adipose tissue of cold-acclimated mice. **Biochem Cell Biol.**,v. 64, n. 11, p. 1125-34, 1986.
23. ENERBÄCK, S. Human brown adipose tissue. **Cell Metabolism.**, v. 11, n. 4, p. 248-252, 2010.
24. FLEGAL, K. M.; CARROLL, M. D.; OGDEN, C. L.; CURTIN, L. R. **Prevalence and trends in obesity among US adults**, 1999–2008. *JAMA* 303, 235–241, 2010.

25. FONSECA-ALANIZ, M.; TAKADA, J.; ALONSO-VALE, M. I.; BESSA LIMA, F. O Tecedo Adiposo Como Centro Regulador do Metabolismo. **Arq Bras Endocrinol Metab.** vol 50 no 2 Abril 2006.
26. GIBALA, M. J. et.al. Brief intense interval exercise activates AMPK and p38 MAPK signaling and increases the expression of PGC-1_α in human skeletal muscle. **J Appl Physiol.** 106: 929–934, 2009.
27. HADDOCK, B.L.; WILKIN, L.D. Resistance training volume and post exercise energy expenditure. **Int J Sports Med.** 2006 Feb; 27(2):143-8.
28. HIMMS-HAGEN, J. Brown adipose tissue metabolism and thermogenesis. **Annu Rev Nutr.**, v. 5, p. 69-94, 1985.
29. HIMMS-HAGEN, J. Obesity may be due to a malfunctioning of brown fat. **Can Med Assoc J.**, v. 121, n. 10, p. 1361-1364, 1979.
30. IDE, M. R. et al. Exercícios respiratórios na expansibilidade torácica de idosos: exercícios aquáticos e solo. **Revista Fisioterapia em Movimento.** v. 20, p. 33-40, 2007.
31. IMPOLCETTO, F. M.; PICCOLO, G. M.; SOUZA JR., O. M. **Fundamentos básicos da iniciação esportiva.** Batatais: Claretiano, 2013.
32. JACOB FILHO, W. Atividade física e envelhecimento saudável. **Revista Brasileira de Educação Física Esportiva**, v. 20, n. 5, p. 73-77, 2006.
33. KARPE, F.; DICKMANNJR, F.K.N. **Fatty acids, obesity, and insulin resistance:** time for a reevaluation. *Diabetes* 60: 2441-2449, 2011.
34. KLAUS, S. et al. Characterization of the novel brown adipocyte cell line HIB 1B. Adrenergic pathways involved in regulation of uncoupling protein geneexpression. **J Cell Sci.**, v. 107, p. 313-319, 1994.
35. LANGIN, D. Recruitment of brown fat and conversion of white into brown adipocytes: strategies to fight the metabolic complications of obesity? **Biochim Biophys Acta**, v. 1801, n. 3, p. 372-376, march 2010.
36. LEE, B.C.; LEE, J. Cellular and molecular players in adipose tissue inflammation in the development of obesity-induced insulin resistance. **Biochim Biophys Acta** 2014; 1842:446–462.
37. LIMA, F. B. Tecido adiposo: uma breve perspectiva histórica e o momento atual. **Arq Bras Endocrinol Metab.**,v. 52, n. 6, p. 927-928, 2008.
38. LOWELL, B. B. et al. Development of obesity in transgenic mice after genetic ablation of brown adipose tissue. **Nature**, v. 366, n. 6457, p. 740-742, 1993.

39. LOWELL, B. B.; FLIER, J. S. Brown adipose tissue, β 3-adrenergic receptors, and obesity. **Annu Rev Med.**,v. 48, p. 307-316, 1997.
40. MARTINS, A.R.; NACHBAR, R.T.; GORJAO, R. et al. Mechanisms underlying skeletal muscle insulin resistance induced by fatty acids: importance of the mitochondrial function. **Lipids Health Dis** 11: 30, 2012.
41. MATSUDO, S. M. Atividade física na promoção da saúde e qualidade de vida no envelhecimento. **Revista Brasileira de Educação Física Esportiva**, v. 20, p. 135-137, set. 2006.
42. MATSUZAWA, Y.; FUNAHASHI, T.; NAKAMURA, T. The concept of metabolic syndrome: contribution of visceral fat accumulation and its molecular mechanism. **J Atheroscler Thromb**, 2011. 18(8): p. 629-39.
43. MORRISON, S.F.; NAKAMURA, K.; MADDEN, C.J. Central control of thermogenesis in mammals. **Experimental Physiology** 2008; 93:773-797.
44. MÜLLEROVÁ, D.; KOPECKÝ, J. **White Adipose Tissue: Storage and Effector Site for Environmental Pollutants**. Prague, Czech Republic. 2006.
45. NAHAS, M. V. **Atividade Física, saúde e qualidade de vida: conceitos e sugestões para um estilo de vida ativo**. Londrina: Midiograf, 2001.
46. NEDERGAARD, J.; LINDBERG, O. The brown fat cell. **Int. Rev. Cytol**, v. 74, p. 187-286, 1982.
47. PEREIRA-LANCHA, L. O.; CAMPOS-FERRAZ, P. L.; JUNIOR, A. H. L. Obesity: considerations about etiology, metabolism, and the use of experimental models. **Dianetes Metab Syndr Obes**, 2012. 5: p. 75-87.
48. RINTAMÄKI, H. Performance and energy expenditure in cold environments. **Alaska Med**, v.49 (Suppl. 2), p. 245-246, 2007.
49. ROSS, S. R. et al. Hibernoma formation in transgenic mice and isolation of a brown adipocyte cell line expressing the uncoupling protein gene. **Proc Natl Acad Sci**, v. 89, p. 7561-7565, 1992.
50. SAITO, M. Brown adipose tissue as a regulator of energy expenditure and body fat in humans. **Diabetes Metab J**. 2013; 37: 22-9.
51. SAITO, M.; OKAMATSU-OGURA, Y.; MATSUSHITA, M.; WATANABE, K.; YONESHIRO, T.; NIO KOBAYASHI, J.; IWANAGA, T.; MIYAGAWA, M.; KAMEYA, T.; NAKADA, K.; KAWAI, Y.; TSUJISAKI, M. **Incidence of Metabolically Active Brown Adipose Tissue in Healthy Adult Humans: Effects of Cold Exposure and Adiposity**. **Diabetes** 2009; 58:1526-153.

52. SANCHEZ-GURMACHES, J.; GUERTIN, D.A. Adipocytes arise from multiple lineages that are heterogeneously and dynamically distributed. **Nature Communications**. 2014; 5.
53. SONG, G.Y.; REN, L.P.; CHEN, S.C. et al. Similar changes in muscle lipid metabolism are induced by chronic high-fructose feeding and high-fat feeding in C57BL/J6 mice. **Clin Exp Pharmacol Physiol** 39: 1011-1018, 2012.
54. SUSAN, M.; VAN DEN BERG, A. D.; VAN DAM, P. C. N.; RENSEN, M. P. J.; DE WINTHER, E. L.; Immune Modulation of Brown(ing) Adipose Tissue in Obesity. **Endocrine Reviews**, Volume 38, Issue 1, 1 February 2017, Pages 46–68, <https://doi.org/10.1210/er.2016-1066>.
55. TILG, H.; MOSCHEN, A. R. Adipocytokines: mediators linking adipose tissue, inflammation and immunity. **Nat Rev Immunol**, v. 6, p. 772-783, 2006.
56. TUNSTALL, R. J.; MEHAN, K. A.; et.al. Exercise training increases lipid metabolism gene expression in human skeletal muscle. **Am J Physiol Endocrinol Metab** 283: E66–E72, 2002.
57. UKROPEC, J. et al. Leptin is required for uncoupling protein-1-independent thermogenesis during cold stress. **Endocrinology**, v. 147, n. 5, p. 2468-2480, 2006.
58. VAN MARKEN, L. W. D. et al. Cold-activated brown adipose tissue in healthy men. **New Engl J Med**, v. 360, n. 15, p. 1500-1508, 2009.
59. VIRTANEN, K. A. et al. Functional brown adipose tissue in healthy adults. **New Engl J Med**, v. 360, n. 15, p. 1518-1525, 2009.
60. VIRTANEN, K.A.; LIDELL, M.E.; ORAVA, J.; HEGLIND, M.; WESTERGREN, R.; NIEMI, T. et al. Functional brown adipose tissue in healthy adults. **N Engl J Med**. 2009 9;360(15):1518-25.
61. W.H.O., W.H.O. **World Health Statics**. 2011.
62. WANG, Z.L.; XIA, B.; SHRESTHA, U. et al. Correlation between adiponectin polymorphisms and non-alcoholic fatty liver disease with or without metabolic syndrome in Chinese population. **J Endocrinol Invest** 31: 1086-1091, 2008.
63. WARWICK, P.M.; BUSBY, R. Influence of mild cold on 24 h energy expenditure in 'normally' clothed adults. **British Journal of Nutrition** 1990; 63:481-488.
64. WIJERS, S. L. J. et al. Recent advances in adaptive thermogenesis: potential implications for the treatment of obesity. **Obes Rev**, v. 10, n. 2, p. 218-226, 2009.

65. WILLIAMS, G. et al. The hypothalamus and the control of energy homeostasis: different circuits, different purposes. **Physiol Behav**, v. 74, n. 4-5, p. 683-701,2001.
66. YANG, X.; ENERBÄCK, S.; SMITH, U. Reduced expression of FOXC2 and brown adipogenic genes in human subjects with insulin resistance. **Obes Res**, v. 11, n. 10, p. 1182-1191, 2003.
67. YE, J. Mechanisms of insulin resistance in obesity. **Front Med**. 2013 Mar; 7(1): 14–24.
68. YOUNG, P.; ARCH, J. R. S.; ASHWELL, M. Brown adipose tissue in the parametrial fat pad of the mouse. **FEBS Lett**, v. 167, n. 1, p. 10-14, 1984.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS - RIO CLARO



EFEITOS DO EXERCÍCIO FÍSICO SOBRE O TECIDO ADIPOSO MARROM

Orientador

Coorientador

Aluno