

ALTERAÇÕES CAUSADAS PELO TREINAMENTO CONCORRENTE E JEJUM INTERMITENTE NA COMPOSIÇÃO CORPORAL, CONSUMO ALIMENTAR E DESEMPENHO AERÓBIO DE RATOS

Henrique Izaias Marcelo^{1,4}; Paulo Henrique Aleixo³; Rodrigo Viotto Orbolato¹; Rafael Pereira da Silva^{1,2}; Francis Lopes Pacagnelli¹; José Carlos Silva Camargo Filho³; Everton Alex Carvalho Zanuto^{1,3}; Robson Chacon Castoldi^{1,3}

Resumo: O objetivo do estudo foi analisar as alterações impostas pelo treinamento concorrente junto ao jejum intermitente sobre a composição corporal, consumo alimentar e desempenho aeróbio de ratos. A amostra foi composta por 39 ratos machos adultos (150 dias) da raça Wistar, distribuídos em quatro grupos (n=39), sendo estes: controle (C [n=12]), controle jejum (CJ [n=11]), treinamento (T [n=8]) e treinamento jejum (TJ [n=8]). O protocolo de treinamento concorrente consistiu em 30 minutos de exercício aeróbio (natação) à 80% do limiar anaeróbio e 4 séries de 10 exercício anaeróbio (saltos) com 50% do peso corporal como carga. Os treinamentos ocorreram sempre 1 hora antes do término do período de jejum. Ao todo, foram 12 sessões de treinamento, realizadas 3 vezes por semana, durante 4 semanas, em dias não consecutivos. O protocolo de jejum intermitente foi caracterizado pela restrição alimentar de 12 horas, iniciando às 21:00 e encerrando às 9:00 e o consumo de água foi livre para todos os grupos. Após intervenção, os animais, já eutanasiados, foram pesados em uma balança de precisão e então foram feitos os cálculos para obtenção do Índice de Lee. Todos os procedimentos adotaram o valor de significância de 5% ($p < 0,05$). Os resultados demonstraram que os animais do grupo TJ tiveram diminuição significativa da massa corporal e do tecido adiposo, em relação aos demais grupos ($p < 0,05$). Em relação ao peso do coração, não houveram diferenças significativas entre os grupos ($p < 0,05$). Os animais do grupo CJ tiveram diminuição do Índice de Lee ($p < 0,05$). Sobre a glicemia, não houveram alterações significativas e o grupo CJ demonstrou maior consumo alimentar, em relação aos demais grupos ($p < 0,05$). Por fim, o estudo conclui que a prática do treinamento concorrente junto ao jejum intermitente proporciona diminuição da massa corporal e do tecido adiposo de ratos.

Palavras Chave: peso; exercício físico; massa corporal.

Afiliação

¹Departamento de Educação Física. Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE, Presidente Prudente, São Paulo, Brazil.

²Departamento de Fisioterapia. Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente – FCT/UNESP, Presidente Prudente, São Paulo, Brazil.

³Departamento de Ortopedia e Traumatologia. Faculdade de Ciências Médicas – UNICAMP, Campinas, São Paulo, Brazil.

⁴Departamento de Fisiologia e Biofísica. Instituto de Ciências Biomédicas – Universidade de São Paulo – ICB/USP, São Paulo, São Paulo, Brazil.

CHANGES CAUSED BY CONCURRENT TRAINING AND INTERMITTENT FASTING IN BODY COMPOSITION, FOOD CONSUMPTION AND AEROBIC PERFORMANCE IN RATS

Abstract: The aim of the study was to analyze the changes imposed by concurrent training with intermittent fasting on the body composition and adipose tissue of rats. The sample was composed of 39 adults male Wistar rats (150 days), distributed in four groups (n = 39), these being: control (C [n = 12]), fasting control (CJ [n = 11]), training (T [n = 8]) and fasting training (TJ [n = 8]). The concurrent training protocol consisted of 30 minutes of aerobic exercise (swimming) at 80% of the anaerobic threshold and 4 sets of 10 anaerobic exercise (jumps) with 50% of body weight as a load. The training always took place 1 hour before the end of the fasting period. Altogether, there were 12 training sessions, held 3 times a week, for 4 weeks. The intermittent fasting protocol was characterized by a 12-hour dietary restriction, starting at 9:00 pm and ending at 9:00 am and water consumption was free for all groups. After four weeks of intervention, the animals, already euthanized, were weighed on a precision scale and then calculations were made to obtain the Lee Index. Subsequently, the adipose tissue and heart was removed and weighed on a scientific analytical balance. All procedures adopted a significance value of 5% ($p < 0.05$). The results showed that the animals in the TJ group had a significant decrease in body mass and adipose tissue, in relation to the other groups ($p < 0.05$). Regarding heart weight, there are no significant differences between groups ($p < 0.05$). The animals in the CJ group had a decrease in the Lee Index ($p < 0.05$). Regarding blood glucose, there were no significant changes and the CJ group showed greater food consumption, compared to the other groups ($p < 0.05$). Finally, the study concluded that the practice of concurrent training along with intermittent fasting reduces the body mass and fatty tissue of rats.

Keywords: Weight; physical exercise; body mass.

Introdução

Os sistemas energéticos da via fosfogênica (ATP-CP), oxidativo e glicolítico atuam simultaneamente, havendo assim predomínio de um determinado processo bioquímico que depende da duração da intensidade e esforço durante o treinamento¹. Neste contexto, um exercício pode ter predominância aeróbica (baixa intensidade e longa duração) ou anaeróbica (alta intensidade e curta duração), sendo que, denomina-se treinamento concorrente quando há demandas de vias energéticas anaeróbicas e aeróbicas simultâneas em uma mesma sessão de treinamento².

Pesquisadores que utilizaram o treinamento concorrente notaram o aumento das capacidades físicas. Parece que a inserção deste modelo, em dias não-consecutivos, pode ser uma vertente eficaz para a promoção da força e resistência aeróbica^{3,4}. Desta forma, para melhor aplicação deste modelo de treinamento, pesquisadores têm estudado as normas de carga que promovem a concorrência, os mecanismos envolvidos, e as variáveis deste modelo de treinamento⁵.

Além disso, para investigar as diferentes promoções fisiológicas à saúde, tem surgido publicações frequentes em uma linha de investigações em que exercícios aeróbios e anaeróbios são realizados de forma conjunta em uma única sessão de treinamento⁶. Neste sentido, discussões têm surgido sobre este método de treinamento. Dentre tais critérios, a intensidade, utilização de diversos ergômetros, frequência semanal, aptidão física, gênero e a carga de trabalho, utilizada nestes protocolos, têm sido pesquisados com propósito de adequar o melhor modelo de treinamento^{7,8}.

O jejum intermitente é uma intervenção nutricional que possui como característica a diminuição da frequência alimentar. Esta modalidade alimentar começou a ser estudada por muçulmanos, durante o período do “Ramadã”, sendo obrigatória a permanência em jejum durante o dia, sendo permitida a alimentação apenas após o pôr do Sol⁹.

Estudos que utilizaram jejum intermitente consistiram na avaliação do efeito de períodos alternados de privação alimentar e realimentação, de geralmente 12 a 24 horas^{10,11}. Porém, devem ser considerados os riscos que o jejum intermitente pode causar à saúde, uma vez que o sistema nervoso central necessita de glicose para executar suas atividades funcionais.

Desta forma, este modelo de dieta, se realizado de forma incorreta, pode acarretar alguns problemas relacionados a este sistema, como vertigem, sonolência e desmaio¹².

Por outra via, o treinamento físico em jejum provoca um balanço energético diário negativo e, portanto, pode ser uma estratégia útil para induzir o déficit de energia a curto prazo¹³.

Existem evidências de que o jejum intermitente promove modificação do perfil metabólico como melhora no perfil lipídico, diminuição da frequência cardíaca e da massa gorda⁸, melhor efetividade de sensibilidade à insulina e maior utilização dos lipídeos como substrato energético^{10,11,14,15}. Além disso, o jejum intermitente promove proteção contra biomarcadores de estresse oxidante¹⁶.

Desta forma, supõe-se que este método, realizado de forma correta, pode trazer benefícios à saúde¹⁷. Porém, há falta de estudos evidenciando os efeitos da prática do treinamento concorrente aliado ao jejum intermitente, o que torna relevante a realização de estudos sobre este tema.

Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi analisar as alterações impostas pelo treinamento concorrente junto ao jejum intermitente sobre a composição corporal, consumo alimentar e desempenho aeróbio de ratos.

Métodos

Foram utilizados 39 ratos machos adultos (150 dias), da raça Wistar, obtidos do Biotério da Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE campus II e mantidos no biotério experimental da instituição. Permaneceram em grupos de 2 animais por caixa (polietileno), com temperatura ambiente de (22±2°C) e luminosidade (ciclo claro/escuro de doze horas) controlados.

Procedimentos Éticos

A pesquisa foi enviada e aprovada sob o protocolo nº 5372, posteriormente foi desenvolvida obedecendo as normas e os princípios éticos de experimentação animal de acordo com a Comissão de Ética para o Uso de Animais (CEUA – UNOESTE).

Divisão dos grupos e protocolo de treinamento concorrente

Os animais foram distribuídos em quatro grupos (n=39), sendo estes: controle (C [n=12]), controle jejum (CJ [n=11]), treinamento (T [n=8]) e treinamento jejum (TJ [n=8]).

Os mesmos foram submetidos antecipadamente a um período de adaptação ao meio

líquido e equipamento (10 - 20 min/dia, três dias da semana, durante uma semana, com sobrecarga e duração que foram progressivamente aumentadas¹⁸. O período de adaptação reduz o estresse produzido pelo meio líquido e pelas alterações fisiológicas resultantes do treinamento físico¹⁹.

Grupo C: os animais permaneceram livres em suas gaiolas, com acesso livre à água e alimentação (ração para ratos de laboratório).

Grupo CJ: os animais permaneceram livres em caixas, com acesso livre à água, porém a alimentação foi controlada pelo período de jejum de 12 (doze) horas por 12 (doze) horas de alimentação livre²⁰.

Grupo T: Esse modelo de treinamento foi composto por duas sessões de exercícios distintos, que em sua execução, são solicitadas diferentes fontes energéticas, sendo uma predominantemente aeróbia (natação) e outra com predominância anaeróbia (saltos).

Grupo TJ: Foi idêntico ao anterior, porém os animais estavam sob efeito do jejum realizado, o mesmo modelo que foi aplicado ao grupo CJ.

Primeiramente, foi realizado o protocolo de treinamento aeróbio e, posteriormente, o treinamento resistido. Os protocolos ocorreram seguidamente e o tempo de descanso foi apenas o momento de transferência dos animais de um local para o outro. O protocolo de treinamento aeróbio foi composto por três sessões semanais em dias não consecutivos, compreendendo 30 minutos de exercício de natação, com intensidade de 80% do limiar anaeróbio (LAN), estipulada a partir do teste de carga crítica. Para tal, utilizamos um tanque com tubos cilíndricos de PVC de 25 cm de diâmetro e 100 cm de altura, com água na profundidade de 70cm, para a parte aeróbia (natação) (Figura 1)²¹.



Figura 1. Tubo cilíndrico para saltos e tanque com tubos cilíndricos para natação (A),

tubos cilíndricos para natação (B) e animais em atividade dentro dos tubos (C). **Fonte:** O autor (2020).

Para o protocolo de treinamento resistido, utilizamos quatro séries de 10 saltos, com sobrecarga correspondente a 50% do peso corporal de cada animal.

Para isso, foi utilizado um tubo de PVC de 25cm de diâmetro e 80cm de altura, com 38cm de profundidade. A sobrecarga foi alojada por um colete feito como uma bolsa costurada no próprio colete, com elástico e fecho de velcro, preso à região do tórax (Figura 2), especialmente confeccionado para este tipo de exercício²¹. O acesso à água e alimentação foi livre para este grupo.



Figura 2. Animal com o colete inserido na região torácica.

Protocolo de jejum intermitente

O jejum intermitente foi realizado com protocolo 12/12, ou seja, os animais realizaram 12 (doze) horas de jejum com 12 (doze) horas de alimentação durante todos dias da semana²⁰. O período de jejum teve seu início as 21 (vinte e uma) horas e finalizou-se no dia seguinte as 9 (nove) horas. O treinamento ocorreu 1 (uma) hora antes do início do período de alimentação, fazendo com que os animais realizassem o treinamento concorrente ainda no período de jejum. O consumo de água foi liberado 24 (vinte e quatro) horas para todos os animais.

Consumo alimentar

Consumo alimentar foi anotado a cada troca de ração e água para que houvessem

parâmetros entre cada grupo analisado. Essa variável estabelecida pela razão entre massa corporal do animal (P_{animal}) e consumo alimentar, ambos em gramas (g). O consumo foi calculado pelo conteúdo de ração ofertada (RO) e subtraída à sobra (SB). Dessa maneira estabeleceu-se a fórmula $[P_{animal}/RO-SB]$ ²³.

Teste de Carga Crítica

A realização da carga crítica de trabalho (CCT) e capacidade anaeróbia (CTA) foi obtida por meio da indução ao exercício em três diferentes estímulos. Foram selecionadas três cargas para cada animal, correspondentes a 7, 9 e 11% do peso corporal, de modo que os animais realizassem todos os esforços²⁴.

Os animais fizeram o exercício de forma a entrarem em exaustão entre 2 e 10 minutos²⁴. Dessa maneira, cronometramos o tempo limite (Tlim) na realização do exercício em cada uma das cargas. Os animais ficaram em repouso por 24 horas após cada estímulo^{25,19,22}. Os valores estabelecidos para as duas variáveis foram obtidos pela fórmula: Carga Crítica = CCT + (CTAx1/Tlim).

Após a realização deste procedimento foi possível determinar a capacidade aeróbia de cada animal. Tal procedimento tornou-se necessário para a identificação da intensidade de esforço no exercício de natação (Figura 3).

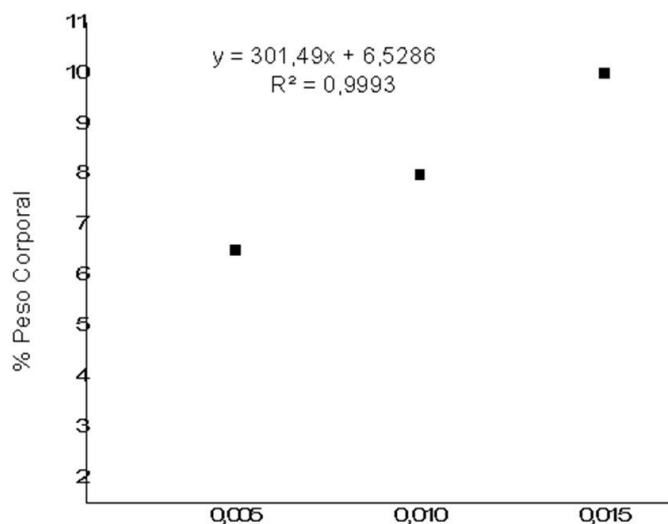


Figura 3. Gráfico referente aos resultados do teste de carga crítica.

Eutanásia e coleta das amostras

Após 48 horas da última sessão de treinamento, os animais foram submetidos ao procedimento cirúrgico. Os animais receberam a aplicação de cloridrato de quetamina e cloridrato de xilazina, injetados por via intraperitoneal e em seguida, foram eutanasiados por exsanguinação por meio de punção cardíaca²².

Análise da glicemia

A análise sanguínea foi realizada para obtenção dos valores de bioquímica sérica da glicose. Esta variável foi analisada por meio do método colorimétrico utilizando sistemas Cobas C111®.²⁶ A coleta de sangue foi realizada por meio de punção cardíaca. Esse procedimento foi realizado no Biotério Central da Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE.

Pesagem dos animais

A pesagem dos animais foi realizada através de uma balança digital eletrônica de alta precisão (1g a 10kg) da marca Tomate® (modelo SF-400, fabricada em São Paulo, Brasil).

Pesagem do tecido adiposo e do coração

Para a pesagem do tecido adiposo e do coração, foi utilizada uma balança analítica da marca Marte Científica® (modelo AD500, fabricada em São Paulo, Brasil).

Índice de massa corporal

O Índice de Massa Corporal (IMC) foi calculado pela fórmula de Novelli e colaboradores²⁸:

$$\text{Peso Corporal (g)} / [\text{Comprimento cabeça-nádega (mm)}]^2$$

Análise dos dados

Após a obtenção dos dados, foi realizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk e a comparação entre grupos foi feita pela análise de variâncias (ANOVA One-Way), seguido pelo pós-teste de Tukey, para variáveis que apresentaram normalidade e teste de Kruskal-Wallis, seguido pelo pós-teste de Dunn para variáveis que não apresentaram distribuição normal na curva Gaussiana. Este procedimento foi realizado para todas

variáveis que foram obtidas no final do experimento. No caso da variável “massa corporal”, foi utilizada a análise de variâncias ANOVA com medidas repetidas e pós teste de Bonferroni. Todos os procedimentos adotaram o valor de significância de 5% ($p < 0,05$). Os cálculos foram realizados com o programa com pacote estatístico (SPSS 22.0 for Windows®).

Resultados

No presente estudo foram utilizados como amostra 39 ratos machos da raça Wistar que realizaram o treinamento concorrente aliado ao jejum intermitente por um período de 4 semanas. Se tratando da massa corporal, ao longo do experimento, o grupo TJ demonstrou uma queda abrupta desta variável, da primeira à quarta pesagem, desta forma provocando uma diminuição de peso (g) estatisticamente significativa em relação aos grupos C ($p = 0,0001$), CJ ($p = 0,007$) e T ($p = 0,001$).

O mesmo aconteceu inversamente com o grupo C, que demonstrou uma ascendência a partir da terceira avaliação, porém sem resultado estatisticamente significativo. Os grupos CJ e T mantiveram seus valores sem grande alteração. Após análise estatística, a média da massa corporal de todos os grupos ao longo da intervenção foram as seguintes: C ($439,07 \pm 3,58$); CJ ($433,76 \pm 4,49$); T ($437,64 \pm 3,70$); TJ ($412,03 \pm 4,10$) (Figura 4).

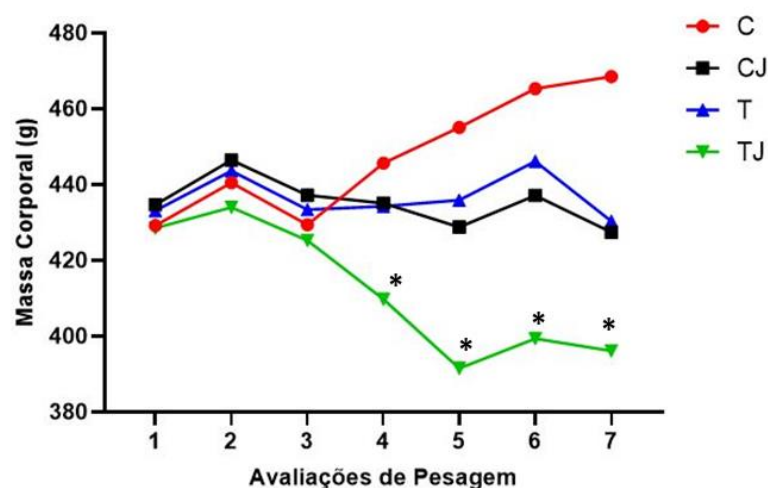


Figura 4. Massa corporal dos grupos durante as avaliações de massa corporal. C= Grupo controle; CJ= Grupo controle jejum; T= Grupo treinamento; TJ= Grupo treinamento jejum. Diferença significativa entre TJ e C, CJ, T (*). Diferença estatisticamente significativa a partir do teste de ANOVA one way com pós teste de Tukey ($p < 0,05$).

Em relação ao consumo alimentar (g), ao fim do experimento, os grupos demonstraram as respectivas médias: (C= $27,12 \pm 0,49$); (CJ= $37,41 \pm 1,48$); (T= $25,20 \pm 1,45$); (TJ= $22,31 \pm 0,62$). Feita a análise estatística do consumo alimentar, foram notadas diferenças significativas do grupo C com os grupos CJ ($p= 0,001$) e TJ ($p= 0,001$); CJ e T ($p= 0,001$); T e C ($p=0,001$) (Figura 5). Em gramas, os animais do grupo TJ ingeriram em média, cerca de 37,4% a mais de ração/dia em relação ao controle. Enquanto os animais dos grupos T e TJ ingeriram 7,41 % e 18,52% a menos, por dia, respectivamente.

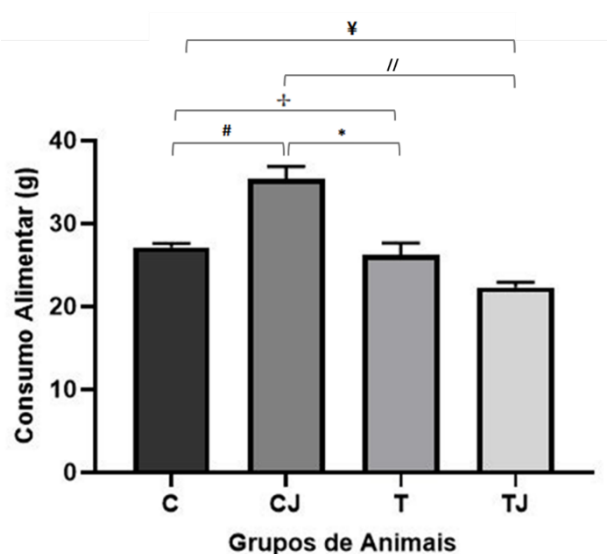


Figura 5. Comparação do Consumo Alimentar entre os grupos, após intervenção. C= Grupo controle; CJ= Grupo controle jejum; T= Grupo treinamento; TJ= Grupo treinamento jejum. Diferença significativa entre C e CJ (#); diferença significativa entre C e TJ (¥); diferença estatística entre CJ e T (*); diferença significativa entre T e C (+). Diferença estatisticamente significativa a partir do teste de ANOVA one way com pós teste de Tukey ($p<0,05$).

Sobre o Índice de Massa Corporal, as médias dos grupos foram as seguintes: (C= $0,69 \pm 0,16$); (CJ= $0,62 \pm 0,11$); (T= $0,72 \pm 0,12$); (TJ= $0,68 \pm 0,10$). Além disso, foram encontrados resultados significativos entre os grupos C e CJ ($p= 0,002$); CJ e T ($p= 0,001$); TJ e T ($p= 0,01$) (Figura 6).

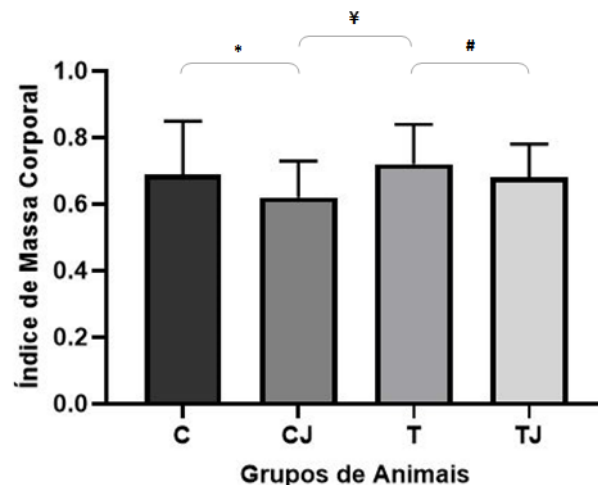


Figura 6. Comparação do Índice de Massa corporal, após intervenção. C= Grupo controle; CJ= Grupo controle jejum; T= Grupo treinamento; TJ= Grupo treinamento jejum. Diferença significativa entre CJ e C (*); Diferença significativa entre CJ e T (¥); diferença estatística entre TJ e T (#). Diferença estatisticamente significativa a partir do teste de ANOVA one way com pós teste de Tukey ($p < 0,05$).

Em relação ao tecido adiposo, os grupos demonstraram as seguintes médias: (C= $13,18 \pm 1,05$); (CJ= $10,70 \pm 0,66$); (T= $10,84 \pm 0,77$); (TJ= $8,09 \pm 0,67$). Para variável do tecido adiposo, o grupo TJ demonstrou resultado significativo em relação ao grupo C ($p = 0,001$) (Figura 7).

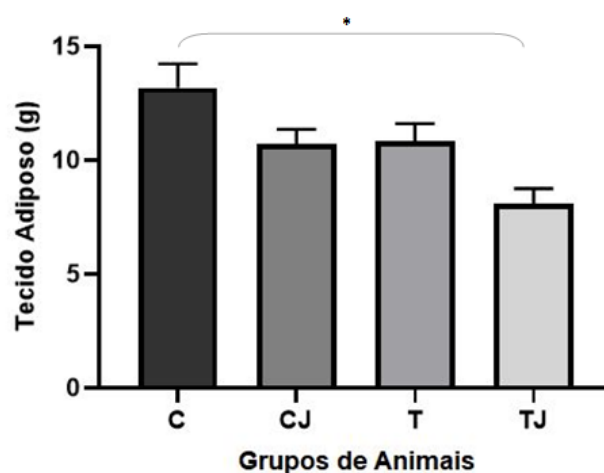


Figura 7. Comparação do tecido adiposo entre os grupos, após intervenção. C= Grupo controle; CJ= Grupo controle jejum; T= Grupo treinamento; TJ= Grupo treinamento jejum. Diferença significativa entre TJ e C (*). Diferença estatisticamente significativa a partir do teste de ANOVA one way com pós teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os resultados encontrados relacionados aos parâmetros estruturais do coração, avaliados por pesagem em balança de precisão, não apresentaram significância ($p < 0,05$) (Tabela 1).

Tabela 1. Resultados, com média, erro padrão e significância, dos parâmetros estruturais do coração, analisados com avaliação de pesagem em balança de precisão.

P. Estruturais	C	CJ	T	TJ	<i>p. valor</i>
M.E Cardíaco (g)	1,25 ± 0,03	1,23 ± 0,05	1,22 ± 0,02	1,17 ± 0,02	<i>p</i> = 0,33
VD (g)	0,24 ± 0,02	0,21 ± 0,00	0,20 ± 0,01	0,20 ± 0,01	<i>p</i> = 0,65
VE (g)	0,94 ± 0,02	0,95 ± 0,05	0,93 ± 0,01	0,88 ± 0,02	<i>p</i> = 0,34
Átrio D/E (g)	0,07 ± 0,00	0,06 ± 0,00	0,08 ± 0,00	0,07 ± 0,01	<i>p</i> = 0,10

Peso do Músculo Estriado Cardíaco em gramas (M.E Cardíaco [g]); Peso do Ventrículo Direito em gramas (VD [g]); Peso do Ventrículo Esquerdo em gramas (VE [g]); Peso dos Átrios direito e esquerdo em gramas (Átrio D/E [g]). Significância: **p*<0,05

Apesar de os grupos CJ e TJ terem apresentado a glicemia elevada, esta diferença da variável analisada, ao fim das 4 semanas de treinamento, não demonstrou ser significativa em relação aos demais grupos (Figura 8).

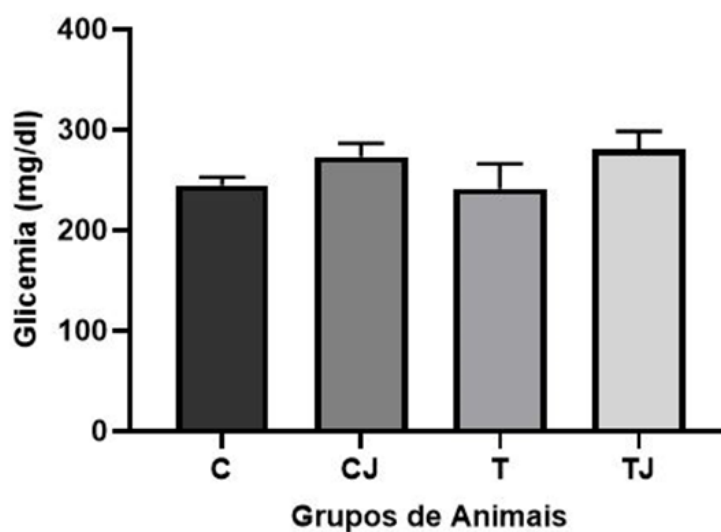


Figura 8. Comparação da Glicemia (mg/dl) entre os grupos, após intervenção. C= Grupo controle; CJ= Grupo controle jejum; T= Grupo treinamento; TJ= Grupo treinamento jejum. Significância: **p*<0,05.

Os resultados do Limiar Anaeróbico pré e pós intervenção não demonstraram alterações significativas (*p*<0,05) (Figura 9).

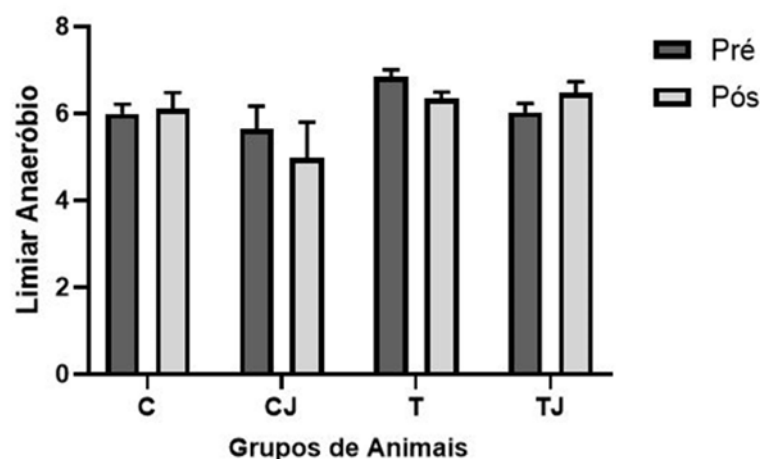


Figura 9. Comparação Limiar Anaeróbico pré e pós intervenção entre os grupos. C= Grupo controle; CJ= Grupo controle jejum; T= Grupo treinamento; TJ= Grupo treinamento jejum. Significância: * $p < 0,05$.

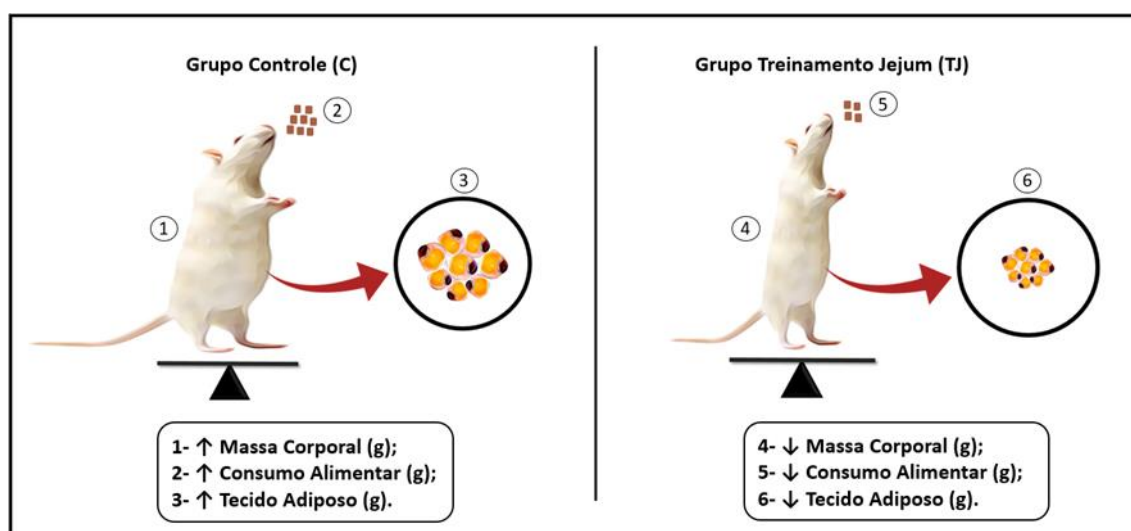


Figura 10. Resumo dos resultados. Alterações na massa corporal, consumo alimentar e tecido adiposo.

Discussão

O objetivo do presente estudo foi analisar as alterações impostas sobre a composição corporal e tecido adiposo de ratos que realizaram o treinamento concorrente aliado ao jejum intermitente por um período de 4 semanas. Em relação à massa corporal, o presente estudo demonstrou que o treinamento concorrente aliado ao jejum intermitente, a partir da segunda semana de treinamento, provocou grande diminuição de peso.

Este feito é de acordo com o estudo de Grant e colaboradores²⁹, identificando que a utilização do jejum intermitente é uma opção tanto para perda de peso, quanto para diminuição do stress oxidativo, pois o jejum intermitente promove benefícios adaptativos ao metabolismo, como: maior ativação da proteína quinase ativada por AMP, maior rede de mitocôndrias e aumento de enzimas antioxidantes³⁰. Além disso, os resultados do estudo de Vargas, Pessoa e Rosa³¹, demonstraram que 8 semanas de intervenção com jejum intermitente aliado à prática de treinamento físico 3 vezes por semana, foi capaz de provocar diminuição significativa da massa corporal e também diminuir 1,63% da gordura corporal da amostra estudada.

Com relação ao consumo alimentar, tanto os animais que realizaram o treinamento concorrente, quanto os que realizaram o jejum em conjunto ao treinamento, reduziram significativamente o consumo alimentar, em comparação ao grupo controle. Estes resultados corroboram com os achados de Machado et al.³², que identificaram menor consumo alimentar de animais que praticaram o treinamento concorrente por 4 semanas, em relação ao grupo controle. Vale ressaltar que, no presente estudo, o grupo controle jejum teve aumento significativo do consumo alimentar em relação aos demais grupos, o que pode ser justificado pela diminuição que o jejum provoca sobre os níveis de leptina noturna³³.

Na presente pesquisa, foi evidenciado que, tanto o IMC quanto o Índice de Lee dos grupos controle jejum, treinamento e treinamento jejum, foram diminuídos, desta forma concordando com o estudo de Machado et al.³², na qual foi encontrada diminuição do índice de Lee de animais praticantes de treinamento concorrente; e com a revisão de Cho e colaboradores³⁴, que após filtrar 12 artigos, totalizando 545 participantes, concluiu que o jejum intermitente diurno provoca diminuição significativa do IMC. Além disso, o estudo de Moraes¹⁸ demonstrou que o jejum intermitente de 18 horas, tanto isolado quanto junto ao treinamento aeróbico em meio aquático, provocou diminuição significativa do IMC quando comparado ao grupo controle e ao grupo treinamento.

Partindo para o contexto do tecido adiposo, a presente pesquisa identificou que houve uma diminuição significativa deste tecido nos animais que realizaram o treinamento concorrente aliado à prática do jejum intermitente. Este feito, de acordo com a literatura, é benéfico ao funcionamento do metabolismo, pois grandes quantidades de tecido adiposo desajustam a produção de adipócitos, células mesenquimais, citocinas e

adipocinas que são fatores importantes para a regulação de efeitos inflamatórios, sensibilidade à insulina, homeostase vascular, apetite e reserva de energia.

Desta forma, a maior quantidade de tecido adiposo está inteiramente relacionada com a maior probabilidade de desenvolvimento de inflamações crônicas que favorecem o surgimento de comorbidades como diabetes mellitus tipo 2, hipercolesterolemia e doenças cardiovasculares³⁵. Ainda no contexto do tecido adiposo, o estudo de Moraes¹⁸, demonstrou que após 6 semanas de intervenção com treinamento aeróbio em meio aquático aliado ao jejum intermitente de 18 horas, provocou diminuição significativa do tecido adiposo marrom, em relação aos grupos controle e treinamento isolado.

Em relação aos parâmetros estruturais do coração, nossos achados mostraram que após um período de 4 semanas de treinamento, tanto isolado quanto junto ao modelo de jejum intermitente de 12 horas, não houveram alterações estatisticamente significantes. Desta forma, há a hipótese de que a concorrência entre os metabolismos aeróbio e anaeróbio pode ter ocorrido sobre estes parâmetros cardíacos, pois um estudo envolvendo diferentes modelos de treinamento evidenciou que o treinamento com carga contínua promoveu aumento do peso do coração em relação ao grupo controle e ao grupo que realizou o treinamento com cargas progressivas³⁶.

Na presente pesquisa, ambos os grupos que treinaram e o grupo que realizou o jejum não demonstraram alteração significativa em relação à glicemia do grupo controle. Este resultado corrobora com os achados de Antunes e colaboradores³⁷, em que adolescentes obesos realizaram 20 semanas de treinamento concorrente e não foram encontradas alterações estatisticamente significativas sobre os níveis de glicemia.

Partindo para as avaliações do limiar anaeróbico (LAN), apesar de os grupos não apresentarem diferença estatisticamente significativa entre os momentos pré e pós intervenção, foi notada leve diminuição do LAN dos animais do grupo treinamento em relação ao grupo controle. Tal fato pode ter ocorrido porque o aumento da gordura corporal favorece a flutuabilidade, enquanto a hipertrofia muscular dos membros inferiores, gerada pelo treinamento, acaba prejudicando a flutuabilidade dos animais³⁸.

No entanto, pelo fato de o treinamento associado ao jejum intermitente não ter gerado repercussões negativas nos animais, e os animais que foram submetidos ao JI tiveram menor ingesta alimentar, o mesmo pode ser uma forma interessante de se obter resultados de aptidão fisiológica em restrição calórica, pois o jejum intermitente tem a

capacidade de regular diversos processos do metabolismo celular, (tanto em roedores quanto em humanos) dentre eles, manutenção do ciclo celular através da proteína RIM15; aumento da razão AMP/ATP, que pode estimular a ativação de AMPK, consequentemente melhorando a captação de glicose, que é um nutriente essencial para bom funcionamento celular^{39,40}. Desta forma, o JI surge como estratégia potencial para alcançar efeitos fortes não apenas para uma doença/fator de risco, mas para uma série de fatores que constituem a base de diversas doenças como: síndrome metabólica, doenças cardiovasculares, câncer, diabetes e possivelmente doenças neurodegenerativas; sendo todas prevenidas, também, pela prática de exercícios físicos⁴¹.

Por fim, o estudo colabora com a literatura ao investigar os efeitos do treinamento concorrente em conjunto com um protocolo de jejum intermitente a partir da perspectiva das análises de composição corporal, consumo alimentar e desempenho aeróbio. No entanto, algumas limitações devem ser ressaltadas, como o período de jejum utilizado e forma de treinamento utilizado, pois existem outras variações do treinamento concorrente a serem exploradas. Vale ressaltar que novas pesquisas envolvendo a temática de treinamento concorrente e jejum intermitente podem colaborar com os achados da presente pesquisa.

Conclusão

O presente estudo conclui que o treinamento concorrente aliado ao jejum intermitente de 12 horas, por um período de 4 semanas, foi capaz de reduzir significativamente a massa corporal e o tecido adiposo de ratos. Além disso, o jejum intermitente causou maior consumo alimentar.

Agradecimentos

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro à presente pesquisa.

Referências

- 1- BUCCI M, VINAGRE E, CAMPOS GER, CURI R, PITHON-CURI TC. Efeitos do treinamento concomitante, hipertrofia e endurance no músculo esquelético. Revista Brasileira de Ciência e Movimento, 2005;13(1):17-28.
<https://portalrevistas.ucb.br/index.php/RBCM/article/download/608/619>

- 2- SPAGNOL, A.R. ; MALHEIRO, O.C.M. ; CASTOLDI, R.C. ; MORET, D.G. ; ARAÚJO, R.G. ; PAPOTI, M. ; CAMARGO, R.C.T. ; CAMARGO FILHO, J.C.S. Análise da plasticidade muscular de ratos submetidos a um protocolo de treinamento físico concorrente. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, 2012;20(3):118-124 <https://bdpi.usp.br/item/002493464>
- 3- HÄKKINEN, K. ; ALÉN, M. ; KRAEMER W.J. ; GOROSTIAGA E.M. HÄKKINEN *et al.* Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *European Journal Applied Physiology*, Heidelberg, 2003;89(1):42-52. https://www.researchgate.net/publication/10865282_Neuromuscular_adaptations_during_concurrent_strength_and_endurance_training_versus_strength_training
- 4- PAULO, A.C. ; SOUZA, E.O. ; LAURENTINO, G.C. ; UGRINOWITSCH, C. ; TRICOLI, V. Efeito do treinamento concorrente no desenvolvimento da força motora e da resistência aeróbia. *Rev. Mackenzie Educ Física Esporte*. São Paulo, 2005;4(4):145-154. http://www.bbheart.com.br/Trein_Conc.pdf
- 5- GARCÍA-HERMOSO, A; RAMÍREZ-VÉLEZ, R; RAMÍREZ-CAMPILLO, R; PETERSON, M.D; MARTÍNEZ-VIZCAÍNO V. Concurrent aerobic plus resistance exercise versus aerobic exercise alone to improve health outcomes in paediatric obesity: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2018 Feb;52(3):161-166. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27986760/>
- 7- BRITO, F.A. ; SOARES, Y.M. ; SILVA, A.S. Treinamento concorrente ou treinamento combinado? *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, São Paulo, 2019;25(2):105-106. <http://rbme.org/detalhes/406/treinamento-concorrente-ou-treinamento-combinado->
- 8- VOLTARELLI, F.A. ; DE MELLO, M.A.R. ; GOBATTO, C. A. Glicogênio muscular e limiar anaeróbio determinado em ratos durante a natação. *Motriz: Revista de Educação Física*. Rio Claro, 2004;1(10):25-30. <http://www.rc.unesp.br/ib/efisica/motriz/10n1/10AFV.pdf>
- 9- ANDRADE, N.V.S. ; GONÇALVES, R.N. ; MONTEIRO, L.L. ; PEREIRA, E.F.M. Uma revisão sobre treinamento concorrente. *Ensaio e Ciência*. Valinhos, 2008;12(2):17-33. <https://pdfs.semanticscholar.org/c0a9/99af226dd702b9e7dd4b226aaf1fe43d9b6f.pdf>
- 10- SALEH, S. A. ; ELSHAROUNI, S. A. ; CHERIAN, B. ; MOUROU, M. Effects of Ramadan fasting on waist circumference, blood pressure, lipid profile, and blood sugar on a sample of healthy Kuwaiti men and women. *Malaysian Journal of Nutrition*, Kuwait, 2005;11(2):143-50. <https://pdfs.semanticscholar.org/0a7e/199cb25a7b4f2a4f1053a7f5e92249f1c849.pdf>

- 11- HALBERG, N. ; HENRIKSEN, M. ; SODERHAMN, N. ; STALLKNECHT, B. ; PLOUG, T. ; SCHJERLING, P. ; DELA, F. Effect of intermittent fasting and refeeding on insulin action in healthy men. *Journal of Applied Physiology*, Copenhagen, Dinamarca, 2005;99(6):2128-2136. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16051710>
- 12- CARLSON, O. ; MARTIN, B. ; STOTE, K. S. ; GOLDEN, E. ; MAUDSLEY, S. ; NAJJAR, S. S. ; FERRUCCI, L. ; INGRAM, D. K. ; LONGO, D. L. ; RUMPLER, W. V. ; BAER, D. J. ; EGAN, J. ; MATTSON, M. P. Impact of reduced meal frequency without caloric restriction on glucose regulation in healthy, normal weight middle-aged men and women. *Metabolism*, Baltimore, 2007;56(12):1729-34. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2121099/>.
- 13- GENTIL, P. Nutrição: atividade física em jejum. *Saúde em movimento.com.br*. http://www.saudeemmovimento.com.br/conteudos/conteudo_exibe1.asp?cod_noticia=867
- 14- EDINBURGH, R.M. ; HENGIST, A. ; SMITH, H.A. ; TRAVERS, R.L. ; BETTS, J.A. ; THOMPSON, D. ; WALHIN, J.P. ; WALLIS, G.A. ; HAMILTON, D.L. ; STEVENSON, E.J. ; TIPTON, K.D. ; GONZALEZ J.T. Skipping Breakfast Before Exercise Creates a More Negative 24-hour Energy Balance: A Randomized Controlled Trial in Healthy Physically Active Young Men. *The Journal of Nutrition*, Estados Unidos, 2019;49(8):1326–1334. <https://doi.org/10.1093/jn/nxz018>
- 15- HEILBRONN, L. K. ; CIVITARESE, A. E. ; BOGACKA, I. ; SMITH, S. R. ; HULVER, M. ; RAVUSSIN, E. Glucose tolerance and skeletal muscle gene expression in response to alternate day fasting. *Obesity Research*, Louisiana, USA, 2005;13(3):574-581. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15833943>
- 16- VARADY, K. A. ; ROOHL, D. J. ; LOE, Y. C. ; McEVOY-HEIN, B. K. ; HELLERSTEIN, M. K. Effects of modified alternateday fasting regimens on adipocyte size, triglyceride metabolism, and plasma adiponectin levels in mice. *Journal of Lipid Research*, Berkeley, Califórnia, USA, 2007;48(10):2212-2119. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17607017>
- 17- MRAD, S. ; REJEB, H. ; ABDALLAH, J.B. ; GRAIET, H. ; KHELIFA M.B. ; ABED, A. ; FERCHICHI, S. ; LIMEM, K. ; SAAD, H.B. The Impacts of Ramadan intermittent fasting on oxidant/antioxidant stress biomarkers of stable chronic obstructive pulmonary disease male patients. *American Journal of Men's Health*. New Orleans, 2019;13(3):1-9. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31046536>
- 18- MORAES, R. C. M. Impactos de uma estratégia de jejum intermitente associada a treinamento de endurance na composição corporal e desempenho físico de ratos

- Wistar. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2016. <http://bdtd.uftm.edu.br/handle/tede/229>
- 19- MANCHADO, F. B. ; GOBATTO, C. A. ; CONTARTEZE, R. V. L. ; PAPOTI, M. ; MELLO, M.A.R. Máxima fase estável de lactato é ergômetro-dependente em modelo experimental utilizando ratos. Revista Brasileira de Medicina do Esporte. São Paulo, 2006;12(5):259-262. <http://www.scielo.br/pdf/rbme/v12n5/07.pdf>
- 20- CHIMIN, P.; ARAÚJO, G.G.; MANCHADO-GOBATTO, F.B.; GOBATTO, C. A. Critical load during continuous and discontinuous training in swimming Wistar rats. Motricidade Fundação Técnica e Científica do Desporto, Porto, 2009;5(4):45-58. <http://www.redalyc.org/pdf/2730/273020564005.pdf>
- 21- FERREIRA DA SILVA, M. ; PELÚZIO, M.D.O.C. ; AMORIM, P.R. ; LAVORATO, V.N. ; SANTOS, N.P. ; BOZI, L.H. ; PENITENTE, A.R. ; FALKOSKI, D.L. ; BERFORT, F.G. ; NATALI, A.J. Swimming training attenuates contractile dysfunction in diabetic rat cardiomyocytes. Arquivos Brasileiros de Cardiologia. São Paulo, 2011;97(1):33-39. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21552648>
- 22- OZAKI, G. A. T. ; KOIKE, T. E. ; CASTOLDI, R. C. ; et al. Efeitos da remobilização por meio de exercício físico sobre a densidade óssea de ratos adultos e idosos. Motricidade, Ribeira de Pena, 2014;10(3):71–78. http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1646-107X2014000300009&lng=es&nrm=iso
- 23- CASTOLDI, R. C.; CAMARGO, R. C. T.; MAGALHÃES, A. J. B.; et al. Concurrent training effect on muscle fibers in Wistar rats. Motriz: Revista de Educação Física, Rio Claro, 2013;19(4):717–723. <http://www.scielo.br/pdf/motriz/v19n4/a08v19n4.pdf>
- 24- DE LUCA R.R. ; ALEXANDRE, S.R. ; MARQUES, T. DUDLEY, G.A. ; FLECK, S.J. Strength and Endurance Training: are they mutually exclusive? Sports Medicine, Nova Iorque, 1987;4(2):79-85. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3299613>
- 25- HILL, D.W. The critical power concept. A review. Sports Med. Nova Iorque, 1993;16(4):237-254. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8248682>
- 26- MARANGON, L. ; GOBATO, C. A. ; MELLO, M. A. R. ; KOKOBUN, E. Utilization of an hyperbolic model for the determination of critical load in swimming rats. Applied Physiology, Nutrition and Metabolism, Ontario, 2002;34(5):149.

<https://www.researchgate.net/publication/232215670> Utilization of An Hyperbolic Model for the Determination of the Critical Load in Swimming Rats

- 27- SANTOS, M. O.; SORIANO, G. A. M.; CASTILHO, C.; LAPOSY, C. B.; PACAGNELLI, F. L.; NOGUEIRA, R. M. B.; CASTOLDI, R. C.; GIUFFRIDA, R.; PAPA, P. C.; NETO, H. B.; GIOMETTI, I. C. Hormônio do crescimento (GH) com e sem atividade física na Bioquímica sérica e no peso dos órgãos de ratos wistar. Colloquium Agrariae, Presidente Prudente, 2015;11(especial):73-80.
<https://www.researchgate.net/publication/297723816> HORMONIO DO CRESCIMENTO GH COM E SEM ATIVIDADE FISICA NA BIOQUIMICA SERICA E NO PESO DOS ORGAOS DE RATAS WISTAR.
- 28- NOVELLI, E. L. B. ; DINIZ, Y. S. ; GALHARDI, C. M. ; EBAID, G. M. X. ; RODRIGUES, H. G. ; MANI, F., et al. Anthropometrical parameters and markers of obesity in rats. Laboratory Animal Limited, Londres. 2007;41(1):111-119.
<https://pdfs.semanticscholar.org/227b/be140ae95c52fbccd5beb9f83407b45cb178.pdf>
- 29- GRANT, T.M. ; LA BOUNTY. ; PAUL M. Effects of intermittent fasting on body composition and clinical health markers in humans. Nutrition reviews, 2015;73(10):661-674.
<https://academic.oup.com/nutritionreviews/article/73/10/661/1849182>
- 30- STOCKMAN, M.C. ; THOMAS, D. ; BURKE, J. ; CAROLINE M. Apovian Intermittent fasting: Is the wait worth the weight? Current obesity reports, 2018;7(2):172-185. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13679-018-0308-9>
- 31- VARGAS, A.J. ; PESSOA, S. ; ROSA, L. Jejum intermitente e dieta low carb na composição corporal e no comportamento alimentar de mulheres praticantes de atividade física. Revista Brasileira de Nutrição Esportiva, 2018;12(72):483-490.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6603195>
- 32- MACHADO, J.H.L. ; HORIE, G.M. ; CASTOLDI, R.C. ; CAMARGO, R.C.T. ; CAMARGO FILHO, J.C.S. Efeito do treinamento concorrente na composição corporal e massa muscular de ratos Wistar. Revista Brasileira de Ciência e Movimento, 2014;22(3):34-42.
<https://portalrevistas.ucb.br/index.php/RBCM/article/view/4747/3507>
- 33- ALZOGHAIBI, M.A. ; PANDI-PERUMAL, S.R. ; SHARIF, M.M. ; BAHAMMAM, A.S. Diurnal intermittent fasting during Ramadan: the effects on leptin and ghrelin levels. PloS One, 2014;9(3):92214.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3956913/>
- 34- CHO, Y. ; HONG, N. ; KIM, K.W. ; LEE, M. ; LEE, Y.H. ; LEE, Y.H. ; LEE, B.W. The Effectiveness of Intermittent Fasting to Reduce Body Mass Index and Glucose

Metabolism: A Systematic Review and Meta-Analysis. Journal of clinical medicine, 2019;8(10):1-11. <https://www.mdpi.com/2077-0383/8/10/1645/html>

- 35- IKEOKA, D. ; MADER, J.K. ; PIEBER, T.R. Adipose tissue, inflammation and cardiovascular disease. Revista da Associação Médica Brasileira, 2010;56(1):116-121. <https://www.scielo.br/pdf/ramb/v56n1/26.pdf>
- 36- ROCHA, E. ; MAIA, A.M. ; PÓVOA, H.C.C. ; DA COSTA D.A. ; PINTO M.V.M., et al. Avaliação da eficiência de programas de treinamento de resistência na indução de hipertrofia cardíaca em ratos Wistar. Fisioterapia Brasil, 2018;9(2):106-111. <https://portalatlanticaeditora.com.br/index.php/fisioterapiabrasil/article/view/1621>
- 37- ANTUNES, B.D.M.M. ; CHRISTOFARO, D.G.D. ; MONTEIRO, P.A. ; SILVEIRA, L.S. ; FERNANDES, R.A. ; MOTA, J. ; FREITAS JÚNIOR, I.F. Effect of concurrent training on gender-specific biochemical variables and adiposity in obese adolescents. Archives of endocrinology and metabolism, 2015;59(4):303-309. https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S235939972015000400303&script=sci_arttext
- 38- CASTOLDI, R.C. ; COLADELLO, L.F. ; KOIKE, T.E. ; OZAKI, G.A.T. ; MAGALHÃES, A.J.B. ; PAPOTI, M. ; CAMARGO FILHO, J.C. Effect of body composition on aerobic capacity of animals submitted to swimming exercise. Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano, 2016;18(2):136-142. https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980-00372016000200136&script=sci_arttext
- 39- LONGO, V.D; PANDA, S. Fasting, Circadian Rhythms, and Time-Restricted Feeding in Healthy Lifespan. Cell Metab. 2016 Jun 14;23(6):1048-1059. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27304506/>
- 40- CORTON, J.M; GILLESPIE, J.G; HARDIE, D.G. Role of the AMPactivated protein kinase in the cellular stress response, Curr. Biol. 4 (1994) 315–324. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7922340/>
- 41- MATTSON, M.P; ALLISON, D.B; FONTANA, L; HARVIE, M; LONGO, V.D; MALAISSE, W.J; MOSLEY, M; NOTTERPEK, L; RAVUSSIN, E; SCHEER, F.A; SEYFRIED, T.N; VARADY, K.A; PANDA S. Meal frequency and timing in health and disease. Proc Natl Acad Sci U S A. 2014 Nov 25;111(47):16647-53. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25404320/>