

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA
MESTRADO ACADÊMICO

**EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE *WHEY PROTEINS* ASSOCIADO AO
TREINAMENTO RESISTIDO POR DOZE SEMANAS SOBRE A
MORFOLOGIA CARDÍACA DE RATOS *WISTAR***

BRUNO LUIZ GALVÃO DE MIRANDA

São Luís
2022

BRUNO LUIZ GALVÃO DE MIRANDA

**EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE *WHEY PROTEINS* ASSOCIADO AO
TREINAMENTO RESISTIDO POR DOZE SEMANAS SOBRE A
MORFOLOGIA CARDÍACA DE RATOS *WISTAR***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal do Maranhão, para qualificação de dissertação para a obtenção do Título de Mestre em Educação Física.

Área de Concentração: Biodinâmica do Movimento Humano.

Linha de Pesquisa: Atividade Física aplicada as doenças crônicas não transmissíveis.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Navarro.

Co-orientador: Prof. Dr. Antônio Coppi Navarro.

São Luís

2022

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Miranda, Bruno Luiz Galvão de.

EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE WHEY PROTEINS ASSOCIADO AO TREINAMENTO RESISTIDO POR DOZE SEMANAS SOBRE A MORFOLOGIA CARDÍACA DE RATOS WISTAR / Bruno Luiz Galvão de Miranda. - 2022.

81 p.

Coorientador(a): Antônio Coppi Navarro.

Orientador(a): Francisco Navarro.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Educação Física/ccbs, Universidade Federal do Maranhão, Universidade Federal do Maranhão, 2022.

1. Consumo. 2. Miocárdio. 3. Morfologia. 4. Treinamento Resistido. 5. Whey Proteins. I. Navarro, Antônio Coppi. II. Navarro, Francisco. III. Título.

BRUNO LUIZ GALVÃO DE MIRANDA

**EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE *WHEY PROTEINS* ASSOCIADO AO
TREINAMENTO RESISTIDO POR DOZE SEMANAS SOBRE A
MORFOLOGIA CARDÍACA DE RATOS *WISTAR***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal do Maranhão, para qualificação para a obtenção do Título de Mestre em Educação Física.

A Banca Examinadora da qualificação da Dissertação de Mestrado apresentada em sessão pública, considerou o candidato aprovado em:

____/____/____.

Prof. Dr. Francisco Navarro (Orientador)
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. XXXXXXXXXXXXXXXX (Examinador-Externo)
IES ou PPG de fora do PPGEF

Prof. Dr. XXXXXXXXXXXXXXXX (Examinador)
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. XXXXXXXXXXXXXXXX (Examinador-Suplente)
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. XXXXXXXXXXXXXXXX (Examinador-Suplente)
Universidade Federal do Maranhão

São Luís
2022

DEDICATÓRIA

A dedicatória desse trabalho é para minha família, que me apoiaram durante mais essa caminhada acadêmica. Deixo registrado a importância de três pessoas essenciais na minha vida.

A minha mãe, dona Maria Vitoria Macedo Galvão e ao meu pai, o senhor José Luiz de Miranda por serem os melhores pais que eu poderia ter.

A terceira pessoa, e não menos importante, que infelizmente não está mais presente para compartilhar esse momento comigo, é a dona Andreolina Macedo, a minha avó materna. A senhora sempre foi uma mulher trabalhadora, inteligente e religiosa, sei que não conseguiu terminar seus estudos, mas lhe agradeço por todo grande conhecimento de vida repassado para nós, seus filhos e netos, deixo aqui minha singela homenagem.

AGRADECIMENTOS

Tenho que agradecer primeiro a Deus por estar sempre cuidando de mim, por dar tudo que necessito nessa vida, por manter minha paz e estar sempre me abençoando com momentos como esse.

Agradeço também a minha família, em especial aos meus pais, que sempre me deram um amor incondicional e apoio em minhas escolhas profissionais e pessoais. Meus pais sempre forneceram tudo que era necessário para que pudesse crescer, portanto deixo aqui registrado todo o meu amor e orgulho que tenho por ser filho deles, ao seu Luiz Miranda e a dona Vitoria Macedo deixo todo o meu amor.

Quero agradecer ao Programa de Pós-graduação em Educação Física (PPGEF) da Universidade Federal do Maranhão, por me acolherem durante esse período de mestrado, ressalto um agradecimento também a toda a coordenação do programa, assim como os professores que se empenharam ao máximo para adquirirmos maior conhecimento durante esse período no programa.

Deixo um agradecimento ao meu orientador o Prof. Dr. Francisco Navarro pelas oportunidades que me ofereceu profissionalmente e agora no eixo acadêmico, foi maravilhoso ter esse contato próximo e poder estar aprendendo com o senhor. Agradeço ao meu coorientador o Prof. Dr. Antônio Coppi Navarro que no decorrer de todo esse período esteve me ajudando e transmitindo todo a sua experiencia profissional, foi uma grande honra produzir esse trabalho com os senhores.

Agradeço a todos meus professores que participaram da minha construção acadêmica desde a graduação até esse momento, em especial ao Prof. Dr. Marlon Lemos Araújo que além de ser um grande amigo, é meu

orientador em vários aspectos da vida (acadêmica e pessoal), o senhor sempre foi meu modelo de profissional ideal, obrigado por todas as aulas, cursos, trabalhos, incentivos e puxões de orelha quando precisava, peço em minhas orações o seu contínuo sucesso, que possamos conviver ainda mais, e que seu profissionalismo toque mais alunos para que a classe da Educação Física continue crescendo da maneira correta.

Tenho que agradecer ainda aos meus amigos que sempre me apoiaram durante esse período, ao Prof. Me. Diogo Barros e a Prof. Me. Ester Caldas, sempre fomos o trio e me alegro de cada momento que vivemos juntos, estaremos sempre juntos mesmo a distância. Deixo registrado meu agradecimento a minha linda namorada Ana Beatriz por sempre torcer por mim e me dar apoio e amor incondicional que sempre precisei, sem você esse processo seria ainda mais difícil, obrigado por tudo.

Por último, mas não menos importante quero agradecer a todos os membros do Laboratório de Avaliação e Prescrição do Exercício do Maranhão – LAFIPEMA que participaram desse projeto comigo, em especial para dois parceiros que passaram estiveram comigo no laboratório de domingo a domingo, meu sincero agradecimento ao Prof. Esp. Ernani Eugênio e ao Prof. Me. Diego Macau.

RESUMO

Objetivo: Verificar o efeito da suplementação de 4 g/kg/dia doses de *whey proteins* associado ao treinamento resistido de 12 semanas no miocárdio de ratos machos Wistar. **Materiais e Métodos:** Estudo realizado com 12 ratos machos da linhagem Wistar com idade inicial de 60 dias e massa corporal de 250g a 350 gramas (g), distribuídos aleatoriamente em quatro grupos, sendo um controle (C), um suplementado (W4), um controle treinado (TC) e treinado e suplementado (TW4). O protocolo teve duração de 12 semanas com suplementação diária e treinamento resistido três vezes por semana. Foi avaliado o consumo de ração (CR), massa corporal total (MCT), massa do miocárdio (MMC), índice de hipertrofia cardíaca (IHC) e o teste de carga máxima (TCM) a cada duas semanas. **Resultados:** Todos os grupos tiveram um consumo de ração não-linear durante o protocolo. O grupo TC consumiu maiores quantidades médias de ração durante o protocolo. Os grupos suplementados (W4 e TW4) consumiram menores quantidades médias de ração. O grupo TC também apresentou maior média de massa corporal total após o protocolo, quando representado em percentual o grupo W4 possui maior aumento de massa corporal com 59.7%. A massa do miocárdio foi maior no grupo TC, os grupos que receberam suplementação apresentaram menores valores de massa cardíaca. O índice de hipertrofia cardíaca foi maior no grupo (C) e menor no grupo suplementado (W4). A força muscular avaliada pelo teste de carga máxima mostrou um aumento em todos os grupos treinados. **Discussão:** A suplementação de *whey proteins* possivelmente promoveu maior saciedade no consumo de ração dos grupos com suplementação. O protocolo de treinamento associado a suplementação utilizado durante períodos longos (como 12 semanas) parece provocar alterações não-lineares no consumo de ração dos ratos. A massa corporal total de todos os grupos aumentou ao final das doze semanas, portanto, essa variável sofreu aumentos independente da aplicação do treinamento resistido e suplementação proteica. O maior nível índice de hipertrofia cardíaca no grupo controle, mostra que não houve um efeito potencializador independente dos estímulos aplicados durante o protocolo. A força muscular possivelmente foi potencializada pela dosagem supra fisiológica de *whey proteins*. **Conclusão:** A dosagem supra fisiológica proteica associada ao treinamento resistido de doze semanas não provocou aumentos nas variáveis analisadas, com exceção do teste de força aplicado. Quando aplicados de forma independente em seus respectivos grupos, o treinamento resistido e a suplementação proteica promoveram os respectivos aumentos procurados no presente estudo.

Palavras-chave: Whey Proteins, Treinamento Resistido. Morfologia. Miocárdio. Consumo.

EFFECTS OF WHEY PROTEINS SUPPLEMENTATION ASSOCIATED WITH RESISTANCE TRAINING FOR TWELVE WEEKS ON CARDIAC MORPHOLOGY OF WISTAR RATS

ABSTRACT

Objective: To verify the effect of supplementation of 4 g/kg/day doses of whey proteins associated with 12-week resistance training on the myocardium of male Wistar rats. **Materials and Methods:** Study carried out with 12 male Wistar rats with an initial age of 60 days and body mass from 250g to 350 grams (g), randomly divided into four groups, being a control (C), a supplemented (W4), a trained control (TC) and a trained and supplemented (TW4). The protocol lasted 12 weeks with daily supplementation and resistance training three times a week. The feed consumption (CR), total body mass (MCT), myocardial mass (MMC), cardiac hypertrophy index (HCI) and maximal load test (MCT) were evaluated. **Results:** All groups had a non-linear feed intake during the protocol. The TC group consumed larger amounts of feed and the supplemented groups (W4 and TW4) consumed smaller amounts of feed. The TC group also presented greater total body mass after the protocol, but in percentage, the W4 group has a greater increase in body mass with 59.7%. The myocardial mass was higher in the TR group, the groups that received supplementation had lower values of cardiac mass. The cardiac hypertrophy index was higher in the group (CT) and lower in the supplemented group (W4). Muscle strength assessed by the maximum load test showed an increase in both trained groups. **Discussion:** the whey protein supplementation possibly promoted greater satiety in the feed consumption of the supplemented groups. The training protocol associated with supplementation used for long periods (such as 12 weeks) seems to cause non-linear changes in the food consumption of rats. The total body mass of the groups increased at the end of the twelve weeks, therefore, this variable increased independently of resistance training and protein supplementation. The higher cardiac hypertrophy index level in the control group shows that there was no potentiating effect regardless of the stimuli applied during the protocol. Muscle strength was possibly

potentiated by the supraphysiological dosage of whey proteins. **Conclusion:** The supraphysiological protein dosage associated with resistance training for twelve weeks did not cause increases in the analyzed variables, except for the strength test. The application of resistance training and protein supplementation independently in their respective groups promoted the respective increases sought in the present study.

Keywords: Whey Proteins, Resistance Training. Morphology. Myocardium. Consumption.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Hipertrofia cardíaca fisiológica e patológica	25
Figura 2	Composição de Whey Proteins	30
Figura 3	Etapas do experimento durante 12 semanas	36
Figura 4	Seringa e cânula de gavagem.	39
Figura 5	Procedimento de gavagem dos ratos.	40
Figura 6	Escada para realização de treinamento resistido	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Composição Nutricional da ração para animais de aboratório Nuvilab CR-1	39
Tabela 2	Composição Nutricional da Proteína do Soro do Leite H.I Whey Protein.	41
Tabela 3	Aminograma da Proteína do Soro do Leite H.I Whey Protein.	42
Tabela 4	Consumo de ração semanal em gramas (g)	47
Tabela 5	Consumo de ração dos grupos experimentais com intervalo de quatro semanas.	48
Tabela 6	Comparação do consumo de ração no início e ao final das doze semanas de protocolo.	49
Tabela 7	Massa corporal total em grama	50
Tabela 8	Massa corporal total com intervalo de quatro semanas durante protocolo	51
Tabela 9	Massa corporal total na primeira e última semana de Protocolo	53
Tabela 10	Comparação entre massa do miocárdio (MMC)	54
Tabela 11	Comparação entre o índice de hipertrofia cardíaca (IHC)	55
Tabela 12	Comparação do teste de carga máxima durante doze semanas de protocolo	57
Tabela 13	Comparação do teste de peso carregado (S1 e S12)	58

LISTA DE SIGLAS

- MCT Massa corporal total
- MMC Massa do miocárdio
- TCM Teste de carga máxima
- IHC Índice de hipertrofia cardíaca
- C Controle
- CT Controle
- TR Treinamento ou treino resistido
- W4 Suplementação de whey proteins 4g
- TW4 Treinado e suplementado whey proteins 4g

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	JUSTIFICATIVA	18
3	REVISÃO DE LITERATURA	20
3.1	Sistema Cardiovascular	22
3.1.1	Miocárdio e miócitos	23
3.2	Exercício Físico e adaptações cardiovasculares	25
3.3	Treinamento resistido	27
3.4	Hipertrofia cardíaca	27
3.4.1	Hipertrofia cardíaca patológica	28
3.5	Hipertrofia cardíaca fisiológica	28
3.5.1	Hipertrofia cardíaca fisiológica excêntrica	28
3.3	Hipertrofia cardíaca fisiológica concêntrica	28
4	Parâmetros alimentares	29
4.1	Consumo e suplementação proteica	30
4.1.1	Suplementação de Whey proteins	31
4.1.2	Recomendações quanto ao consumo diário de proteína	33
5	OBJETIVOS	35
5.1	Objetivo Geral	35
5.2	Objetivos Específicos	35
6	HIPÓTESES	36
6.1	Hipótese Afirmativa - H1	36
6.2	Hipótese Nula - H0	36
7	MATERIAIS E MÉTODOS	37
7.1	Aspectos Éticos	37

7.2	Desenho e delineamento do estudo	37
7.3	Tipo de estudo	37
7.4	Local da pesquisa	38
7.5	População e Amostra	38
7.6	Procedimentos Experimentais	39
7.6.1	Controle da massa corporal total	39
7.6.2	Controle do consumo de ração	39
7.6.3	Suplementação e Gavagem	40
7.6.4	Treinamento Resistido (TR)	43
7.6.5	Período adaptativo ao treinamento	43
7.6.6.1	Teste de carga máxima (TCM)	44
7.6.6.2	Protocolo de treinamento resistido (TR)	44
7.7	Eutanásia	45
7.8	Índice de hipertrofia cardíaca (IHC)	45
7.9	Tratamento Estatístico	46
8	RESULTADOS	47
8.1	Consumo de ração	47
8.2	Massa corporal total	51
8.3	Massa do miocárdio	56
8.4	Índice de hipertrofia cardíaca	57
8.5	Teste de carga máxima (TCM)	59
9	DISCUSSÃO	61
10	CONCLUSÃO	69
	REFERENCIAS	
	ANEXOS	

1 INTRODUÇÃO

A mudança no padrão de atividade física da população em geral é um assunto contemporâneo de grande relevância e preocupação permanente de todos os governos diante dos agravos à saúde, principalmente associados ao crescente sedentarismo (NASCIMENTO et al., 2014).

Por consequência disso, diversas medidas modificadoras dessa realidade vêm sendo promovidas/aplicadas, algumas dessas possuem metodologias intervencionistas com baixo custo e fácil adesão. Entre as diversas tipologias atuais, destaca-se o exercício físico.

Devido a mudança desse padrão populacional, o número de praticantes de atividade física cresceu de forma exponencial, decorrente a isso nasce uma preocupação acerca do treinamento ideal e de possíveis dietas extenuantes, sem respeitar limites como sexo, condicionamento físico, faixa etária etc.

Além disso, é sabido que nos últimos anos houve uma promoção de um estilo de vida saudável e a disseminação de práticas esportivas, como levantamento de peso e crossfit, que são treinamentos potencialmente intensos e que podem levar a condições que colocam a vida do praticante em risco quando não monitoradas corretamente (PIGOLKIN YI, et al., 2019).

De acordo com Cabral (2013) tal preocupação com o tema está ligado ao malefício de forças repetitivas sobre a estrutura corporal, associado ao desequilíbrio nutricional por meio da alimentação pode se tornar combinação perigosa para o desempenho e saúde desses praticantes, potencializando ainda outros fatores de risco.

A alimentação é fator primordial na rotina diária da humanidade, não apenas por se constituir em necessidade básica, mas principalmente porque a sua utilização tornou-se um problema de saúde pública, uma vez que o seu excesso ou falta pode causar doenças (WHO, 2011).

Portanto, fica claro que a combinação do fator alimentar e da prática de exercício físico é uma importante realidade a ser estudada para atletas, assim como a população em geral, normalmente caracterizados como praticantes de atividade física levando em consideração o rendimento e a saúde

De acordo com Antiwi (2008), a desnutrição energético-proteica é caracterizada pela existência de um desequilíbrio entre a quantidade de fornecimento de nutrientes e a demanda corporal.

Em relação ao aumento da prática do exercício físico, Caspersen, Powell e Christenson (1985), afirmam que o exercício possui em sua característica, o planejamento e repetitividade, que objetivam a melhoria da saúde e manutenção de um ou mais componentes da aptidão física. Ele retira o organismo de sua homeostase, pois implica no aumento instantâneo da demanda energética da musculatura exercitada e, conseqüentemente, do organismo como um todo.

Assim, para suprir a nova demanda metabólica, várias adaptações fisiológicas são necessárias e, dentre elas, os referentes à função cardiovascular durante o exercício físico (BRUM et al., 2004).

Nesse sentido, observa-se que, a curto prazo, o aumento do trabalho cardíaco visa a atender a demanda metabólica de exercícios extenuantes. Já a longo prazo, os exercícios podem provocar a remodelação cardíaca, incluindo

crescimento e reprogramação molecular e celular adaptativa fisiológicas, acompanhado por aumento na capacidade de produção de energia, o que contrasta com as adaptações cardíacas patológicas, em que a função contrátil e a produção metabólica de energia diminuem e há um comprometimento funcional cardíaco (GRONEK, 2020; VEGA et al., 2017).

O músculo cardíaco é composto por tecido que apresenta expressiva adaptação ao treinamento físico, o que torna esse músculo capaz de suportar mudanças em suas propriedades bioquímicas, funcionais e morfológicas. Os mecanismos dessas adaptações não estão completamente esclarecidos; entretanto, em nível intracelular, esses parecem ser decorrentes de estímulos externos, associados à nutrição sobre diferentes vias de sinalização, que induzem adaptações na atividade de enzimas intracelulares (DRÖGE, 2007).

De acordo com Oliveira (2007) as adaptações provocadas pelo exercício físico vêm sendo estudadas dentro da literatura. Entretanto, poucos trabalhos investigam os efeitos benéficos ou estressantes da interação entre nutrição e prática de exercício físico.

2 JUSTIFICATIVA

Durante o último século, a população dos países desenvolvidos e em desenvolvimento tornou-se menos ativa fisicamente, seja pela mudança no tipo de trabalho, seja por adoção de novos hábitos cada vez mais sedentários.

Esta mudança tem levado a um pronunciado aumento na incidência de doenças crônicas, tais como doenças cardiovasculares, diabetes tipo 2, aumento na obesidade, patologias pulmonares, além de desordens neurológicas e musculoesqueléticas (TERRA et al., 2012).

Para a WHO (2018), o sedentarismo é um dos principais fatores de risco/mortalidade. Em escala mundial é relatado que (25%), ou seja, um entre quatro adultos não possui nível de atividade física adequada. Assim o sedentarismo apresenta influência direta sobre o desenvolvimento de doenças não transmissíveis (DNT), como as referidas no sistema cardiovascular.

O exercício físico (TF) pode promover levar uma desaceleração sobre os índices crescentes do sedentarismo populacional. Outro fator necessário de estudo são as estratégias alimentares, pois já ficou claro que uma dieta balanceada e equilibrada pode diminuir com riscos de desenvolvimento de morbidades e consequentemente, diminuir a mortalidade populacional.

A suplementação de proteína é outro ponto que necessita de destaque, pois utilizar o exercício físico com uma alimentação adequada, com quantidades ideais dos macronutrientes (carboidrato, proteínas e gorduras), que inclua a suplementação proteica pode promover uma maior eficiência no combate as patologias associas ao sedentarismo.

Face ao exposto, o presente trabalho sobre os efeitos da suplementação de whey proteins e do treinamento resistido por doze semanas sobre o miocárdio de ratos wistar mostra-se válido, visando à possibilidade de generalização, tanto para fins de saúde, como para fins de desempenho atlético, determinando assim dosagens eficazes, reforçando ou modificando adaptações induzido pelo treinamento resistido ao sistema cardiovascular.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 SISTEMA CARDIOVASCULAR

Nos vertebrados, o sistema circulatório é, basicamente, um conjunto de tubos conectados responsáveis por transportar fluídos. Este sistema inclui os sistemas vasculares do sangue e da linfa (CARNIATTO et al., 2019).

O sistema cardiovascular é uma conexão direta entre uma bomba, um circuito que gera alta pressão, com canais de trocas de nutrientes e um sistema de coleta e retorno que exerce baixa pressão sobre o organismo (MCARDLE, KATCH E KATCH, 2003). É constituído pelo sangue, vasos e coração (BERGWERFF et al., 1999; MONAHAN-EARLEY; DVORAK; AIRD, 2013).

O sistema cardiovascular é o primeiro sistema a se tornar funcional no desenvolvimento embrionário, pois a diferenciação e o crescimento do embrião dependem do transporte interno (PELSTER; BEMIS, 1991; KARDONG, 2016).

De acordo Robergs e Roberts (2002) o sangue que é bombeado por todo corpo em um circuito fechado. Esta circulação sanguínea se divide em circulação pulmonar e sistêmica, sendo a última responsável pelo resto do corpo.

3.1.1 MIOCÁRDIO E MIÓCITOS

O coração é o órgão central do sistema cardiovascular, composto essencialmente por músculo cardíaco, o miocárdio, o qual forma uma bolsa dividida em quatro câmaras: átrio direito, átrio esquerdo, ventrículo direito e ventrículo esquerdo. Junto com os vasos sanguíneos, as câmaras cardíacas

formam uma única cavidade, na qual o sangue circula continuamente (SILVERTHORN, 2017).

O coração é a bomba responsável por movimentar o sangue pelo sistema cardiovascular. Também tem como função transportar o sangue desoxigenado e oxigenado para suas partes apropriadas, evitando assim a mistura dos sangues. Outra função é transportar hormônios do seu local de origem para os tecidos alvos (POUGH, 2008; KARDONG, 2016).

De acordo com Bishopric (2005), nos seres vertebrados o miocárdio está localizado ventralmente. Como este grupo apresenta diversas adaptações anatômicas, nas espécies que adotaram a posição bípede o coração está localizado na região anterior do corpo (HICKMAN et al., 2016).

O miocárdio dos mamíferos é constituído por fibras musculares cardíacas, vasos sanguíneos e tecido conjuntivo. No coração normal, esse estroma conjuntivo se distribui, formando o epimísio, que envolve toda a musculatura cardíaca (conjuntivo subepicárdico); o perimísio, que separa feixes de fibrocelular; e o endomísio, que se dispõe ao redor de cada miócito. Esse tecido conjuntivo exerce papel importante na manutenção da integridade funcional do miocárdio (BURLEW e WEBER, 2000).

Histologicamente, o coração é composto pelo músculo cardíaco, restrito a este órgão. Tal músculo é formado por células cardíacas denominada miócitos cardíacos.

Os miócitos cardíacos são células alongadas e ramificadas, que se unem por meio dos discos intercalares. Essas células exibem estriações transversais e possuem um ou, no máximo, dois núcleos localizados centralmente (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2000).

Para Anversa et al., (1994), as modificações estruturais que ocorrem no miocárdio dependem de um processo de desenvolvimento normal, assim como das exigências funcionais requisitadas pelo órgão. Portanto, processos de envelhecimento e inatividade física podem promover alterações importantes no órgão, que atingem não só suas células, como o sistema de condução sanguínea (leito vascular terminal) no miocárdio.

O músculo cardíaco é composto por tecido que apresenta expressiva adaptação ao treinamento físico, tornando-o capaz de suportar mudanças em suas propriedades bioquímicas, funcionais e morfológicas e entre as adaptações cardíacas temos a hipertrofia cardíaca (DRÖGE, 2007).

3.2 EXERCÍCIO FÍSICO E ADAPTAÇÕES CARDIOVASCULARES

A prática do exercício físico promove ajustes sobre o miocárdio decorrente dos requeridos aumentos das atividades metabólicas e mecânicas. Provocando assim várias adaptações bioquímicas, elétricas, morfológicas e mecânicas no músculo cardíaco, proporcionando melhora na função cardíaca. Essas adaptações ocorrem basicamente para reduzir o estresse sobre as paredes ventriculares e, ao mesmo tempo, atender a maior demanda de suprimento sanguíneo dos músculos em exercício (KEMI et al., 2007).

O exercício físico gera estresse fisiológico no organismo ao elevar consideravelmente as demandas energéticas em relação ao repouso. Além disso, provoca modificações morfológicas e funcionais nos praticantes que os capacitam a responder ao estresse provocado pelas atividades físicas que desempenham. As alterações provocadas pelo treinamento físico são muito estudadas e complexas porque envolvem uma interação entre vários sistemas

do organismo, como o musculoesquelético, cardiovascular, respiratório, metabólico e o sistema nervoso autônomo (CARNIATTO et al., 2019).

Nesse sentido, as atividades físicas podem ocasionar, por exemplo, adaptações específicas na musculatura esquelética, como o aumento da massa muscular; adaptações cardiovasculares morfológicas, como hipertrofia cardíaca, e funcionais, como bradicardias e alterações respiratórias, a exemplo do aumento do consumo de oxigênio (VO₂max), o qual pode ser causado pela elevação da taxa metabólica do praticante (DE PINHO RA, et al., 2010).

A prática de exercício físico age no mecanismo de prevenção e promoção de saúde, podendo desacelerar as alterações fisiológicas do envelhecimento e das doenças crônico-degenerativas, proporcionando adaptações morfológicas e funcionais positivas no músculo cardíaco (GONÇALVES MP e ALCHIERE JC, 2010; LI Y, et al., 2020).

Decorrente disso, estudos envolvendo o treinamento físico (TF) vêm sendo desenvolvidos, com o objetivo de verificar as adaptações morfológicas do miócito e miocárdio. No qual muitos estudos com modelos animais têm sido realizados com protocolos e intensidades variadas (KEMI et al., 2004; KEMI et al., 2005).

Entre os exercícios que promovem adaptações sobre o sistema cardiovascular temos os exercícios resistidos.

3.3 TREINAMENTO RESISTIDO

O treinamento resistido, também conhecido como treinamento com pesos ou treinamento de força que quando aplicados de maneira correta pode promover modificações significativas na composição corporal e saúde de

grupos clínicos (adolescentes, gestantes, idosos, hipertensos, diabéticos entre outros).

O treinamento resistido é um procedimento especializado de condicionamento que envolve o uso progressivo de uma gama de cargas resistivas e uma variedade de modalidades de treinamento (NSCA, 2009).

O treinamento resistido é caracterizado por repetidas séries de contrações contra uma resistência, que resultam no rápido recrutamento de fibras musculares do tipo 2, também é um potente estímulo à síntese proteica muscular esquelética (PHILLIPS, 2009; MCGLORY e PHILLIPS, 2015).

Os exercícios físicos de resistência são aqueles que exigem que o atleta mantenha um determinado esforço pelo máximo de tempo possível, envolvendo massas musculares importantes e todo o sistema cardiovascular e respiratório (FERNANDES T, et al., 2015).

De acordo com Fleck e Kraemer (1999), os exercícios resistidos podem ser aplicados com pesos livres, com o próprio peso corporal, em maquinários de musculação ou outros equipamentos, sendo executado na maioria dos casos, em sequências ininterruptas de repetições com variados intervalos entre as séries.

De acordo com Gianolla (2003) este tipo de treinamento vem ganhando popularidade entre diversos públicos e por consequência um aumento no número de adeptos.

O treinamento resistido apresente notáveis benefícios em diversos objetivos, como o desenvolvimento de capacidades físicas importantes como força, potência, resistência muscular e flexibilidade (GIANOLLA, 2003), tratamento para o baixo índice de lesões no esporte (RIOS, 2017), tratamento

contra cardiopatias (LIMA, 2016; JAENISCH e FARALOZZO, 2017) e a obesidade (ACSM, 2001), além de regulações sistêmicas importantes, incluindo o desenvolvimento e/ou a manutenção da massa muscular (MARQUES, 2016), assim como a capacidade funcional para os idosos (CÂMARA, BASTOS E VOLPE, 2012).

O treinamento resistido de forma crônica promove a adaptações sobre o sistema cardiovascular, entre elas temos a hipertrofia cardíaca sobre no miocárdio.

3.4 HIPERTROFIA CARDÍACA (HC)

A hipertrofia cardíaca (HC) se caracteriza pelo aumento da massa do coração, devido a um aumento da síntese protéica e consequentemente nas dimensões dos cardiomiócitos. Este processo provoca aumento no consumo de oxigênio e nutrientes nos cardiomiócitos e, como consequência, promove mudanças funcionais e bioquímicas nas células (MARON e PELLICCIA, 2006; GUPTA, 2007).

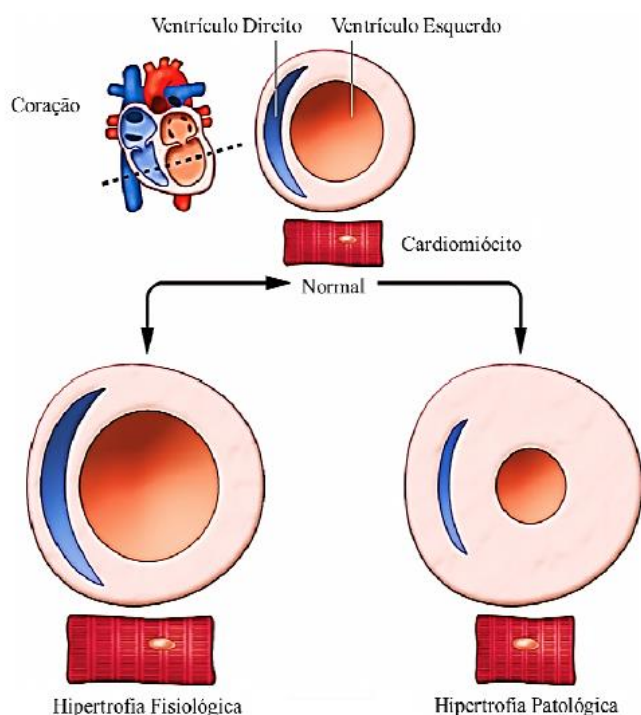
A hipertrofia miocárdica é uma resposta adaptativa do coração diante da prática de exercícios físicos, ou de situações patológicas, como hipertensão arterial sistêmica (HAS), diabetes e obesidade (CAMAROZANO, 2009). Ou seja, a hipertrofia miocárdica surge como uma resposta adaptativa, muitas vezes inadequada, que ocorre na HAS, diabetes e obesidade, devido à sobrecarga de pressão e ou volume (FERREIRA FILHO, 2012).

De acordo com Fagard (1997), o músculo cardíaco se adapta a sobrecargas hemodinâmicas, provocando alterações na estrutura do miocárdio de duas formas: a hipertrofia excêntrica, causada pela sobrecarga do volume

de treinamento, como o treinamento físico aeróbico (corrida, natação, entre outros). A outra forma é a hipertrofia concêntrica, causada pela sobrecarga da pressão arterial, observada com o treinamento resistido/isométrico como o levantamento de peso (LPO).

A hipertrofia cardíaca, em resposta ao exercício físico, que corresponde à hipertrofia fisiológica, inclui alterações morfológicas e funcionais. Esse tipo de hipertrofia ocorre em ambos os ventrículos, mas em grau mais elevado no ventrículo esquerdo. As principais adaptações ao treinamento físico no que diz respeito à morfologia do coração são alterações no tamanho do músculo e no volume das câmaras cardíacas (WANG et al., 2008).

De acordo com o tipo de estímulo recebido pelo tecido cardíaco as alterações estruturais e bioquímicas dos cardiomiócitos podem determinar se a hipertrofia presente no tecido é de natureza fisiológica ou patológica (BRAUNWALD e BRISTOW, 2000; IEMITSU et al., 2001).



(Fonte: Van Berlo et al., 2013)

3.4.1 HIPERTROFIA CARDÍACA PATOLÓGICA

Por outro lado, a HC patológica está associada aos altos níveis de mediadores neuro-humorais, sobrecarga hemodinâmica, lesão e perda de cardiomiócitos. No desenvolvimento de uma HC em cenário patológico, o crescimento de cardiomiócitos excede a capacidade dos capilares de fornecer adequadamente nutrientes e oxigênio, levando à hipóxia e remodelamento cardíaco em roedores (SHIMIZU et al., 2010)

De acordo com Shimizu e Minamino (2016), dentro da hipertrofia cardíaca fisiológica há perda funcional do tecido cardíaco devido à morte celular, além da presença de fibrose no tecido cardíaco, o que pode originar a insuficiência cardíaca.

3.4.2 HIPERTROFIA CARDÍACA FISIOLÓGICA

A HC fisiológica demonstra um aumento dos cardiomiócitos em resposta ao exercício, e os cardiomiócitos aumentados recebem nutrição adequada devido à expansão da rede capilar. Anormalidades cardíacas estruturais ou funcionais não ocorrem nesse cenário, e, geralmente, a hipertrofia cardíaca fisiológica não é considerada um fator de risco para insuficiência cardíaca (PINTO, 2018).

Os estímulos fisiológicos podem ocorrer de forma concêntrica ou excêntrica, no entanto, o alargamento das câmaras se desenvolve de uma forma proporcional, desencadeando uma melhora da função cardíaca sem a presença de fibrose (BERNARDO et al., 2010).

Na hipertrofia fisiológica o crescimento do músculo cardíaco pode ser do tipo concêntrico ou excêntrico dependendo do tipo de estímulo realizado (PINTO, 2018).

3.4.2.1 HIPERTROFIA CARDÍACA FISIOLÓGICA EXCÊNTRICA

Tal hipertrofia ocorre por meio de uma remodelação cardíaca, especificamente do ventrículo esquerdo (VE). A remodelação na forma de hipertrofia excêntrica ocorre pela adição de sarcômeros em série e crescimento longitudinal de cardiomiócitos, a qual leva ao aumento na dilatação do ventrículo esquerdo (FERNANDES et al., 2015).

A hipertrofia miocárdica excêntrica, acontece por uma sobrecarga de volume sanguíneo, ou seja, aumento da pré-carga, o que eleva a tensão diastólica, levando ao crescimento dos miócitos. Nesse tipo de hipertrofia temos o aumento do número de sarcômeros, que colaboram tanto no comprimento das células, gerando assim uma dilatação no diâmetro da câmara ventricular, quanto na espessura dos miócitos, causando espessamento de massa (MAGALHÃES et al., 2008).

3.4.2.2 HIPERTROFIA CARDÍACA FISIOLÓGICA CONCÊNTRICA

Na hipertrofia miocárdica concêntrica temos somente o aumento no diâmetro das células musculares, interferindo assim, apenas na densidade do ventrículo. Tal fato é gerado pela sobrecarga pressórica, ou seja, pelo aumento da pós-carga, o que caracteriza um pico de tensão sistólica (MAGALHÃES et al., 2008).

Essa hipertrofia geralmente leva ao aumento da espessura da parede do ventrículo esquerdo (VE) sem alteração no diâmetro da câmara, por meio da adição paralela de novos sarcômeros e crescimento lateral de cardiomiócitos individuais (FERNANDES et al., 2015).

4 PARÂMETROS ALIMENTARES

Segundo Berg, Tymoczko e Stryer (2014), o exercício físico, somado a uma alimentação saudável, constitui um dos tratamentos mais efetivos para diversas condições patológicas, como o diabetes, depressão, uma variedade de tipos de câncer, hipertensão e doenças coronarianas.

A alimentação é fator primordial na rotina diária da humanidade, não apenas por se constituir em necessidade básica, mas principalmente porque a sua utilização tornou-se um problema de saúde pública, uma vez que o seu excesso ou falta pode causar doenças (WHO, 2011).

Para a *Agência Nacional de Vigilância Sanitária* (2008), uma alimentação saudável deve apresentar características qualitativas, sem necessidade de ser dispendiosa (pois a preparação pode ser feita com alimentos naturais, produzidos na região em que se vive), ser saborosa e composta por variados alimentos que necessitam ser consumidos em quantidade correta e livre de contaminação, ou seja, segura para o consumo.

De acordo com Flück e Hoppeler (2003), a disponibilidade de nutrientes, assim como o treinamento físico, pode ser um estimulador para a modificação das características morfológicas, metabólicas e funcionais do tecido muscular estriado.

Stark et al., (2012), destacam dois aspectos relacionados à nutrição que necessitam ser considerados para o processo de hipertrofia: a quantificação de proteína e de calorias ingeridas.

4.1 CONSUMO E SUPLEMENTAÇÃO PROTEICA

Dentre as funções orgânicas da proteína, podemos citar a função de regulação do metabolismo, de transporte de nutrientes, de atuação como catalisadores naturais, de defesa imunológica, de atuação como receptores de membranas, além de muitas outras (PAIVA, ALFENAS E BRESSAN, 2007).

As necessidades energéticas proteicas são maiores para os praticantes de atividade física e são influenciadas pelo tipo, intensidade, duração e frequência do exercício (MAUGHAN E BURKE, 2004).

A *American Dietetic Association and Dietitians of Canadá (2012)*, coloca as suplementações proteicas como as mais populares entre os praticantes de atividade física, com a principal finalidade o aumento da massa muscular.

Em um estudo de revisão sistemática realizada por Nabuco, Rodrigues e Ravagnani (2016) foi identificado a prevalência do uso de suplementos alimentares entre atletas brasileiros pode variar entre 37% e 98%. Tal pesquisa identificou também que 53% dos estudos revisados apontaram os suplementos de proteína e aminoácidos como os mais utilizados por este grupo de indivíduos.

Entre os frequentadores de academia, por meio de uma revisão sistemática da literatura, Nogueira, Souza e Brito (2013) levantaram que a prevalência do uso de suplementos varia entre 23,9% e 94%, a depender da

região do Brasil e da faixa etária investigada, motivados, sobretudo, pela melhora da forma física e da saúde.

O uso indiscriminado desses suplementos sem devida orientação é preocupante, visto que, o consumo inadequado poderá acarretar consequências à saúde humana (HIRSCHBRUCH e CARVALHO, 2008), onde a proteína ingerida excessivamente passará por conversão e armazenamento na forma de glicogênio e lipídios (ALVAREZ, BRASIOLI e NABHOLS, 2007).

Entre as suplementações decorrentes das proteínas do soro do leite, a whey proteins (WP), têm sido muito utilizadas por praticantes de atividades físicas e atletas, especialmente por possuírem alto valor nutricional e apresentarem relação comprovada com a hipertrofia muscular (CARRILHO, 2013).

4.2 SUPLEMENTAÇÃO DE WHEY PROTEINS

O suplemento alimentar proveniente das proteínas solúveis do soro do leite, conhecido como *whey proteins*, vem sendo muito utilizado por diversos praticantes de exercício físico, devido, entre outros motivos, à presença dos aminoácidos essenciais, principalmente a leucina, vistos como um dos principais aminoácidos capazes de estimular a síntese proteica (DICKINSON et al., 2014).

O whey proteins (WP) é um dos componentes da proteína do leite e contém aminoácidos de cadeia ramificada (BCAA), como leucina, isoleucina, valina, que possuem benefícios importantes à saúde, especialmente ao músculo esquelético (PAL e RADAVELLI-BAGATINI, 2013),



Figura 2: Composição de whey proteins.

(Fonte: Laboratório de Fisiologia e Prescrição do Exercício do Maranhão)

A WP é uma proteína cujas propriedades benéficas à saúde, ao desempenho físico e a melhora da composição corporal, estão amplamente reportadas na literatura, por favorecer o anabolismo e reduzir o catabolismo muscular, reduzir a ação de agentes oxidantes nos músculos esqueléticos (HARAGUCHI, ABREU, PAULA, 2006) e aumentar a força e a massa magra (MORTON et al., 2017).

Os aminoácidos de cadeia ramificada perfazem 21,2% de sua composição e todos os aminoácidos essenciais constituem 42,7%. Essa particularidade torna *whey proteins* uma fonte proteica concentrada em aminoácidos essenciais, especificamente leucina, em comparação às demais fontes de proteína (TERADA et al., 2009).

Dessa forma, esse perfil de aminoácidos torna a sua digestão e absorção intestinal mais rápida, o que promove elevação da concentração de

aminoácidos no plasma e estimula a síntese de proteínas nos tecidos (HARAGUCHI, ABREU e DE PAULA, 2006).

Também apresenta alto teor de cálcio e de peptídeos bioativos do soro, proporcionando possíveis efeitos sobre a síntese proteica muscular esquelética, redução da gordura corporal, assim como na modulação da adiposidade, e melhora do desempenho físico. Entre possíveis benefícios destacam-se seus efeitos hipotensivo, antioxidante e hipocolesterolêmico (TERADA et al., 2009).

Dessa forma, a ingestão de proteína favorece a síntese e recuperação muscular, bem como contribui para o metabolismo energético (ORMSBEE et al., 2014).

4.2.1 RECOMENDAÇÕES QUANTO AO CONSUMO DIÁRIO DE PROTEÍNA

As recomendações acerca da quantidade de proteína ideal para consumo, ainda é um tema em constante investigação.

Naderi et al. (2016), em sua revisão sistemática sugere a dose de 0,20 a 0,25g/kg da massa corporal para indivíduos jovens e 0,40g/kg para indivíduos idosos nas refeições frequentes durante o dia, ou 20-25g pós exercício para atletas jovens e 40g/ dia após o exercício para atletas adultos.

O *American College of Sports Medicine* (2016), afirma que uma dose proteica entre 1,2g/kg e 2,0g/kg é necessária para a adaptação metabólica e reparação tecidual.

A etiologia quanto ao consumo ideal diário de proteína mostra-se sob intensa investigação, vários estudos têm sido desenvolvidos para sanar tal

dúvida. Phillips e Van Loon (2011), em seu trabalho coloca como dose ideal para indivíduos sedentários 0,8g/kg/dia, e de 1,2 a 2,0g/kg/dia para indivíduos atletas.

Helms, Aragon e Fitschen (2014), notaram que dosagens menores que 2,3g/kg/dia não mostraram eficiência em manter a quantidade de massa magra de fisiculturistas, sugerindo assim que dosagens maiores, entre 2,3 a 3,1g/kg/dia parecem ser mais eficientes para manter a proporção de massa muscular nessa população.

Outro trabalho recente elaborado por Macnaughton et al., (2016), observou em uma dose de 40g/kg/dia foi mais eficiente na resposta da síntese proteica muscular, associado ao treinamento resistido em em homens jovens saudáveis e treinados, quando comparado a uma dosagem de 20g/kg/dia usada no mesmo trabalho.

Dunford (2012), afirma que um dos maiores problemas na administração de uma alimentação com quantidades proteicas acima do recomendado está na desconsideração quanto a necessidade de carboidratos e lipídios, levando a um possível déficit nutricional, que prejudica diretamente o desempenho no treinamento e na hipertrofia muscular.

É possível afirmar que a proteína dentro de uma dieta é essencial para a hipertrofia muscular e esta necessidade pode ser suprida por uma alimentação balanceada e equilibrada ao indivíduo (Zambão, Rocco e Heyde, 2015).

5 OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GERAL

- Verificar os efeitos da suplementação de 4 g/kg/dia de *whey proteins* associado ao treinamento resistido por doze semanas sobre a morfologia cardíaca de ratos Wistar.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar os efeitos da suplementação de 4 g/kg/dia de *whey proteins* associado ao treinamento resistido por doze semanas sobre o consumo de ração;
- Verificar os efeitos da suplementação de 4 g/kg/dia de *whey proteins* associado ao treinamento resistido por doze semanas sobre a massa corporal total (MCT);
- Verificar os efeitos da suplementação de 4 g/kg/dia de *whey proteins* associado ao treinamento resistido por doze semanas sobre a massa do miocárdio (MCC);
- Verificar os efeitos da suplementação de 4 g/kg/ dia de *whey proteins* e do treinamento resistido por doze semanas sobre o Índice de Hipertrofia Cardíaca (IHC);
- Verificar os efeitos da suplementação de 4 g/kg/ dia de *whey proteins* e do treinamento resistido por doze semanas sobre a força muscular por meio do teste de carga máxima (TCM).

6 HIPÓTESES

6.1 HIPÓTESE AFIRMATIVA - H_1

- A suplementação de 4g/kg/dia de *whey proteins* associado ao treinamento resistido por doze semanas promove alterações sobre a morfologia cardíaca de ratos machos *wistar*.

6.2 HIPÓTESE NULA - H_0

- A suplementação de 4g/kg/dia de *whey proteins* associado ao treinamento resistido por doze semanas não promove alterações sobre a morfologia cardíaca de ratos machos *wistar*.

7 MATERIAIS E MÉTODOS

7.1 ASPECTOS ÉTICOS

Os ensaios biológicos foram de acordo com as recomendações da Sociedade Brasileira de Ciência em Animais de Laboratório (SBCAL/COBEA, 2012). O projeto de pesquisa tem aprovação da Comissão de Ética e Pesquisa no Uso de Animais da Universidade Federal do Maranhão (CEUA/UFMA), sob registro nº 23115.011149/2019-41.

7.2 DESENHO E DELINEAMENTO DO ESTUDO

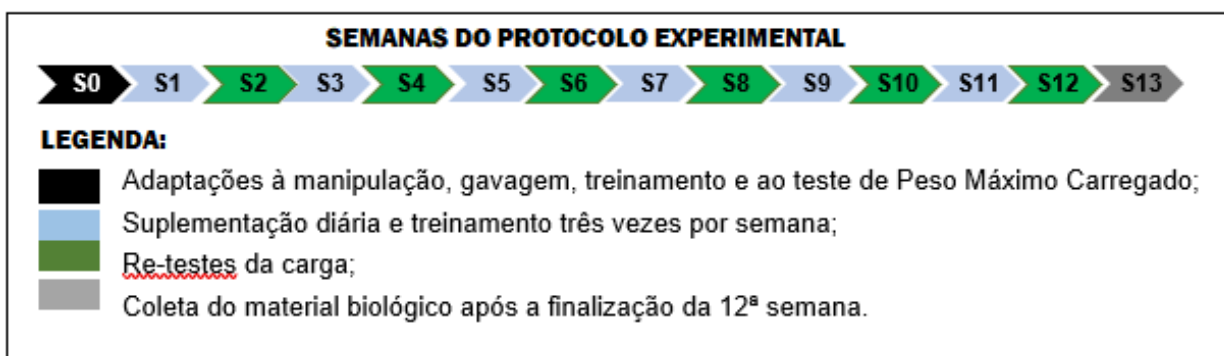


Figura 3 - Etapas do experimento durante 12 semanas

7.3 TIPO DE ESTUDO

Trata-se de um estudo do tipo experimental em um ensaio pré-clínico controlado e randomizado, com duração de 12 semanas, onde ratos da linhagem *Wistar* foram distribuídos aleatoriamente em 4 grupos com quantidade inicial de 5 animais cada.

- Grupo Controle (CT): tratado com água pelo método gavagem;
- Grupo Treinamento (TR): tratado com água pelo método gavagem e treinamento resistido;

- Grupo suplementado 4g (W4): suplementado com 4g/kg/dia de *whey proteins*.
- Grupo treinamento e suplementado 4g (TW4): treinamento resistido e suplementado com 4g/kg/dia de *whey proteins*.

7.4 LOCAL DA PESQUISA

O presente estudo teve duração total de quatorze semanas e ocorreu no interior do biotério setorial localizado no prédio do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde (CCBS) junto ao Programa de Pós-Graduação em Saúde do Adulto localizado na Cidade Universitária Dom Delgado, no Campus Bacanga, da Universidade Federal do Maranhão - UFMA.

7.5 POPULAÇÃO E AMOSTRA

O estudo foi realizado com 20 *Rattus norvegicus* machos da linhagem *Wistar* com idade inicial de 60 dias e massa corporal de 250 a 350 gramas (g), procedentes do Biotério Central da Universidade Federal do Maranhão – UFMA. Os animais permaneceram sob condições higiênicas em gaiolas coletivas (dimensões 41x34x16cm), em grupos de 5 animais por gaiola, mantidos em uma sala climatizada com controle de temperatura entre 24°C e 28°C, e sob ciclo alternado de claro/escuro de 12 horas.

Os animais foram alimentados com ração balanceada padrão para roedores (*NuvilabCR-1®*) e água *ad libidum*, na qual o quadro 1 descreve a composição nutricional da ração.

7.6 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

7.6.1 CONTROLE DE MASSA CORPORAL

A massa corporal foi mensurada no início de cada semana para registro semanal e ajuste das doses de *whey proteins* e nos dias de teste de peso máximo carregado, para cálculo da carga da primeira subida no teste. Para isso, os ratos foram inseridos em um contendor e a medida foi realizada em balança semi analítica (marca *Weblaborsp*®, modelo 5,200 gramas, São Paulo, Brasil) com precisão de 0,1g.

7.6.2 CONTROLE DO CONSUMO DE RAÇÃO

O consumo de ração ocorreu de forma *ad libidum*, sendo controlado/mensurado diariamente, sendo realizado sempre antes do protocolo experimental com base na diferença do peso da ração em relação ao dia anterior. Foi padronizada a quantidade de 300g para cada caixa. Para isso, foi utilizada balança semi analítica (modelo ES220, *Weblabor*, São Paulo, Brasil) com precisão de 0,1g. O quadro 1 descreve a composição nutricional da ração:

Tabela 1 - Composição Nutricional da Ração para Animais de Laboratório Nuvilab CR-1.

Informação Nutricional	
Quantidade por porção (1 quilograma)	
Nutriente	Referência/Kg
Umidade	120 gramas
Proteína Bruta	220 gramas
Extrato Etéreo	40 gramas
Carboidrato	600 gramas
Material Mineral	90 gramas

Fibra Bruta	70 gramas
Cálcio	10 a 14 gramas
Fósforo	8 gramas
Energia bruta	3800kcal/kg

7.6.3 SUPLEMENTAÇÃO/ GAVAGEM

A suplementação de *whey proteins* foi administrada através do método gavagem (Figura 3), que consiste na introdução lentamente de uma agulha na cavidade oral, através da boca e da faringe para o esôfago. A agulha é do tipo ponta-bola para evitar o risco de lesão ao esôfago, sendo necessária a contenção do animal de modo que mantenha a sua cabeça imobilizada (NEVES, MANCINI FILHO e MENEZES, 2013).



Figura 4 - Seringa e cânula de gavagem.

(Fonte: Laboratório de Fisiologia e Prescrição do Exercício do Maranhão)

A gavagem foi realizada diariamente durante 12 semanas de estudo, e os animais passaram por 3 sessões de adaptação à gavagem antes do início do protocolo experimental. A dose diária de *whey proteins* foi dividida em 3 gavagens de 5 mL cada, com intervalo de 60 minutos entre as gavagens, em todos os grupos. Nos grupos suplementados cada gavagem continha a

dosagem específica e os grupos controle e treinamento controle receberam o mesmo volume com água. O peso dos animais foi avaliado semanalmente para readequação da quantidade da suplementação.



Figura 5 – Procedimento de gavagem nos ratos

(Fonte: Laboratório de Fisiologia e Prescrição do Exercício do Maranhão)

A suplementação com *whey proteins* seguiu a dosagem 4 g/kg/dia dissolvido em água filtrada, tendo concentração comum de 0,322g/mL do Suplemento (H.I *Whey: Essencial Nutrition®*), que corresponde a 0,284g/mL de proteínas do soro do leite. A medida do *whey proteins* para preparação da solução padrão foi realizada em balança analítica (AD200, Marte científica, São Paulo Brasil) com precisão de 0,001g. A composição nutricional e o aminograma (H.I *Whey: Essencial Nutrition®*) estão descritos nos quadros 2 e 3, respectivamente.

Tabela 2 - Composição Nutricional da Proteína do Soro do Leite H.I *Whey Protein*.

Informação Nutricional		
Quantidade por porção (25 gramas)		
Nutriente	Gramatura	Valor diário (%)
Carboidratos	0 gramas	0%
Proteínas	22 gramas	29%

Gorduras totais	0 gramas	0%
Fibra alimentar	0 gramas	0%
Sódio	79 miligramas	3%
Cálcio	118 miligramas	12%
Fósforo	63 miligramas	9%
Magnésio	22 miligramas	8%

Tabela 3 - Aminograma da Proteína do Soro do Leite H.I *Whey Protein*.

Aminograma	
Quantidade por porção (25 gramas)	
Aminoácidos	Gramatura
Ácido aspártico	2,6 gramas
Ácido glutâmico	3,7 gramas
Alanina	1,2 gramas
Arginina	0,5 gramas
Cistina	0,6 gramas
Fenilalanina	0,7 gramas
Glicina	0,4 gramas
Histidina	0,3 gramas
Isoleucina	1,5 gramas
Leucina	2,3 gramas
Lisina	2,2 gramas
Metionina	0,5 gramas
Prolina	1,4 gramas
Serina	1,1 gramas
Tirosina	0,6 gramas
Treonina	1,7 gramas
Triptofano	0,3 gramas
Valina	1,3 gramas

7.6.5 TREINAMENTO RESISTIDO

7.6.5.1 PERÍODO ADAPTATIVO AO TREINAMENTO

Os ratos foram gradualmente adaptados para o ato de escalar com equipamento de carga preso na cauda sem adição de carga por 3 dias não consecutivos (Intervalo de 48 horas entre sessões), que foi realizado em uma escada vertical (110 cm de altura, 18 cm de largura, grade com espaçamento de 2cm entre os degraus e inclinação de 80°, com caixa de 20x20x20 cm no topo da escada).

O modelo de treinamento resistido foi proposto por Hornberger e Farar (2004).

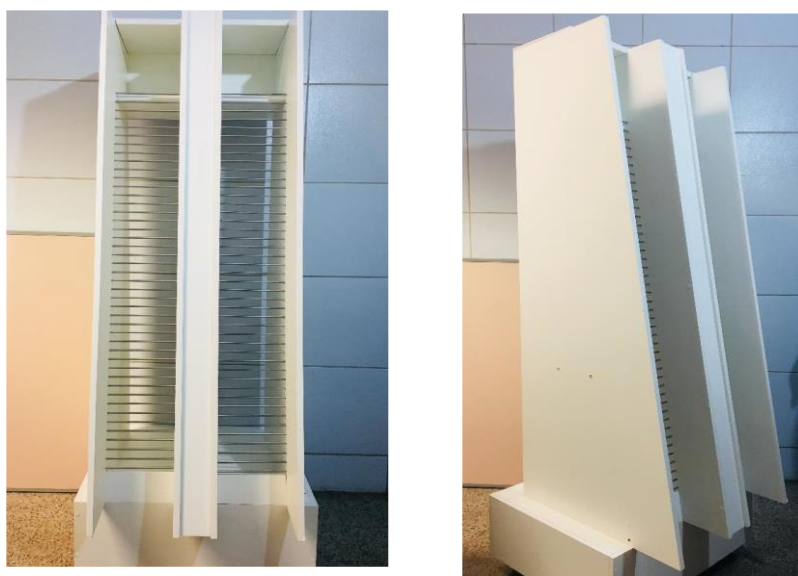


Figura 6 - Escada para realização de treinamento resistido

(Fonte: Laboratório de Fisiologia e Prescrição do Exercício do Maranhão)

7.6.5.2 TESTE DE CARGA MÁXIMA (TCM)

Após dois dias do período adaptativo, foi executado o Teste de Carga Máxima em todos os grupos de treinamento (TC e TW4). Para isso, todos os ratos terão suas massas corporais determinadas por pesagem, a subida inicial,

o peso carregado foi de 75% da massa corporal do rato. Em seguida, foi adicionada uma carga de 30 gramas com um período de descanso de 120 segundos entre cada subida, até atingir a carga máxima que ocorreu quando o rato não conseguiu mais subir toda a extensão da escada entre 4-9 tentativas. A falha foi definida quando o rato não conseguiu continuar a subir a escada após 3 estímulos consecutivos na cauda (com o uso de pinças). A maior carga que o rato conseguiu deslocar por toda a extensão da escada foi considerada o Peso Máximo Carregado (PMC) para aquela sessão de teste (HORNBERGER e FARRAR, 2004; KRUG et al., 2016).

Este procedimento foi aplicado a cada duas semanas, durante as 12 semanas de treinamento nos grupos TC e TW4 a fim de determinar a intensidade de treinamento e acompanhar as adaptações da força muscular.

7.6.5.3 PROTOCOLO DE TREINAMENTO RESISTIDO (TR)

Após o período de adaptação, ocorreu o início do protocolo de treinamento resistido dos grupos pré-determinados, que teve frequência de três vezes semanais, em dias alternados (segundas, quartas e sextas) durante um período de 12 semanas. Cada sessão de treinamento consistiu em 4 subidas por toda a extensão da escada, com cargas equivalentes há 50%, 75%, 90% e 100% do peso máximo carregado anteriormente estipulado, tal protocolo foi adaptado de Hornberger e Farrar (2004).

7.7 EUTANÁSIA

Vinte e quatro horas após os procedimentos experimentais finais e com doze horas de privação de alimentos, os ratos foram anestesiados com injeção intraperitoneal de Xilasina (70mg/kg de massa corporal) e Ketamina (10mg/kg de

massa corporal), conforme sugerido por Krug et al., (2016); Marques et al., (2018), respeitando as recomendações do BRASIL-CONCEA (2018)

A remoção do miocárdio ocorreu por toracotomia mediana, em seguida o órgão será cuidadosamente lavado e perfundido/canulado via aorta por uma solução de cloreto de sódio (750 mm de CaCl_2) constantemente até que os vasos coronarianos estejam limpos retirando o excesso de sangue (CABRAL, 2013).

O miocárdio foi pesado por uma balança de precisão (*Marte® AD 200*), em seguida será armazenado em um recipiente contendo uma solução à base de formalina 10%, composto por formaldeído comercial (100 ml) e água destilada (900 ml) e armazenada em refrigerador (5°C) até serem utilizados.

Após a retirada do material biológico a ser utilizado para as análises, as carcaças foram embaladas em saco plástico, devidamente lacradas e encaminhadas ao biotério central da Universidade Federal do Maranhão para procedimento de incineração. Todos os procedimentos foram executados seguindo as recomendações do (SBCAL/COBEA, 2012).

7.8 ÍNDICE DE HIPERTROFIA CARDÍACA (IHC)

A hipertrofia cardíaca dos ratos dos grupos experimentais será realizada a partir da massa corporal dos ratos e dos miocárdios coletados. O Índice de Hipertrofia Cardíaca (IHC) será calculada pela razão entre a massa do miocárdio (mg) e a massa corporal (g).

7.9 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

As variáveis foram testadas quanto a sua distribuição através do teste de *Shapiro-Wilk*. Os dados estão apresentados em média, desvio padrão, mínimo e máximo. Para a comparação semanal da massa corporal absoluta, consumo de ração e o delta de variação de tais variáveis foi utilizado teste ANOVA two-way e o *post-hoc* de Tukey para medidas repetidas para determinar as diferenças estatísticas entre todas as análises e nível de significância adotado foi de $p < 0,05$. O *software* utilizado para as análises estatísticas foi o *Graphpad Prism* versão 7.04.

8 RESULTADOS

8.1 CONSUMO DE RAÇÃO

A Tabela 4 apresenta o consumo semanal de ração dos grupos experimentais acompanhado diariamente durante o protocolo de doze semanas.

Tabela 4 - Consumo de ração semanal em gramas (g).

SEMANA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	M ± DP
CT (n=4)	137,9 ±12,6	138,2 ±11,2	130 ±4,2	134,9 ±2,6	132,9 ±1,8	134,7 ±6	135,1 ±2,8	141,3 ±6	138,2 ±5,5	135,8 ±6,9	132,3 ±6,6	134,2 ±5,7	135,4 ±3,1
W4 (n=4)	101,8 ±3	97,2 ±4,8	100,5 ±6,3	106,1 ±4,8	105,9 ±4	101,4 ±3,2	97,5 ±8	96,1 ±4,9	96,7 ±3,7	86,9 ±8,3	84,2 ±3,1	82,6 ±6,7	96,4 ±7,9
TR (n=4)	211,6 ±9,3	197,6 ±16,3	208,4 ±11,6	204,4 ±16,4	198,9 ±12	201,9 ±7,9	200,6 ±5,5	189,3 ±10,3	187,5 ±2,8	193,9 ±12,6	195,1 ±18,8	193 ±11,2	198,5 ±7,3
TW4 (n=4)	77,1 ±9,4	74 ±2,1	75,7 ±4,1	73,5 ±2,5	73,2 ±1,6	71,4 ±2,9	69,1 ±8,3	73,7 ±2,5	69,1 ±2,7	68,8 ±2,6	71 ±3,6	65,8 ±3	71,9 ±3,3

Legenda: Dados apresentado em média, desvio padrão e símbolo de significância. CT: controle; W4: suplementado com 4g/kg/dia de whey proteins; TR: treinamento resistido controle; TW4: treinamento resistido e suplementado com 4g/kg/dia de whey proteins. M: média do consumo durante todo protocolo. DP: desvio padrão do consumo durante todo protocolo. *: $p < 0,05$ comparado com o número da semana correspondente; O valor de p estatístico e a comparação entre grupos está descrito no texto.

O grupo C apresentou um aumento em seu consumo entre a S1 e S2, após esse período houve uma queda, seguido por um novo aumento, essa reação ocorreu durante todo o protocolo, não houve nenhuma diferença significativa quanto ao consumo entre as semanas do protocolo ($p>0,05$).

O grupo W4 apresentou uma diminuição de seu consumo a partir da S2 do protocolo, após esse período houve um aumento, seguido por uma nova diminuição, essa reação ocorreu em grande parte do protocolo, a partir da S7 ocorreu sucessíveis diminuições do consumo do grupo, não houve nenhuma diferença significativa quanto ao consumo entre as semanas do protocolo ($p>0,005$). Tal efeito ocorreu de forma similar no grupo TR, sucessivas diminuições, aumentos e diminuições novamente, e assim como os grupos anteriores não houve nenhuma diferença significativa quanto ao consumo entre as semanas do protocolo ($p>0,05$).

O grupo TW4 fez o menor consumo de ração durante todo o protocolo de doze semanas, ocorreu quedas e aumentos em seu consumo, assim como os grupos experimentais do presente estudo, o mesmo não apresentou diferença significativa quanto ao consumo entre as semanas do protocolo ($p>0,05$).

A Tabela # apresenta o consumo semanal de ração dos grupos experimentais a cada quatro semanas durante o protocolo de doze semanas.

Tabela 5 - Consumo de ração dos grupos experimentais com intervalo de quatro semanas.

SEMANA	1	4	8	12
CT	137,9	134,9	141,3	134,2
(n=4)	±12,6	±2,6	±6	±5,7
W4	101,8	106,1	96,1	82,6
(n=4)	±3	±4,8	±4,9	±6,7
TR	211,6	204,4	189,3	193
(n=4)	±9,3	±16,4	±10,3	±11,2
TW4	77,1	73,5	73,7	65,8
(n=4)	±9,4	±2,5	±2,5	±3

Legenda: Dados apresentado em média, desvio padrão e símbolo de significância. CT: controle; W4: suplementado com 4g/kg/dia de whey proteins; TR: treinamento resistido controle; TW4: treinamento resistido e suplementado com 4g/kg/dia de whey proteins. *: $p < 0,05$ comparado com o número da semana correspondente; O valor de p estatístico e a comparação entre grupos está descrito no texto.

A comparação do consumo de ração com intervalo de quatro semanas não apresentou diferenças significativas ($p > 0,05$) em nenhum dos grupos experimentais (CT, W4, TR e TW4) quanto ao consumo entre as semanas do protocolo.

A Tabela 6 apresenta a comparação do consumo de ração dos grupos experimentais entre o momento inicial e final do protocolo de doze semanas.

Tabela 6 - Comparação do consumo de ração no início e ao final das doze semanas de protocolo.

SEMANA	1	12	Δ (g)	(p)
CT (n=4)	137,9 $\pm 12,6$	134,2 $\pm 5,7$	-3,7	0,1444
W4 (n=4)	101,8 ± 3	82,6 $\pm 6,7$	-19,2	0,1444
TR (n=4)	211,6 $\pm 9,3$	193 $\pm 11,2$	-18,6	0,1444
TW4 (n=4)	77,1 $\pm 9,4$	65,8 ± 3	-11,3	0,1444

Legenda: Dados apresentado em média, desvio padrão e símbolo de significância. CT: controle; W4: suplementado com 4g/kg/dia de whey proteins; TR: treinamento resistido controle; TW4: treinamento resistido e suplementado com 4g/kg/dia de whey proteins. *: $p < 0,05$ comparado com o número da semana correspondente; O valor de p estatístico e a comparação entre grupos está descrito no texto.

A comparação do consumo de ração feito pelos grupos experimentais (CT, W4, TR e RW4) não identificou diferenças significativas ($p > 0,05$) quanto aos seus consumos entre as semanas do protocolo (S1 – S12).

A diferença entre as semanas registradas em gramas, mostrou um efeito negativo sobre o consumo ao final do protocolo, decorrente da falta de linearidade do consumo de ração durante todo o protocolo.

8.2 MASSA CORPORAL TOTAL

A Tabela 7 apresenta a massa corporal total dos grupos experimentais durante as doze semanas de protocolo.

Tabela 7 - Massa corporal total em grama.

SEMANA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
CT (n=4)	274,8 ±7,6 *	285,1 ±12,4 *	302,4 ±9,6 *	318,6 ±10,2 *	338,1 ±11,8 *	352,4 ±11,5 *	369 ±11,4 *	384,5 ±15,7 *	393,8 ±14,7 *	405 ±16,1 *	411,4 ±18,3 *	418,2 ±22,9 *
W4 (n=4)	273,9 ±19 *	299,6 ±17,3 *	317,7 ±26,9 *	340 ±27 *	356,1 ±23,8 *	373 ±23 *	389,2 ±26,6 *	398 ±23,9 *	411,5 ±28,7 *	423,5 ±25,9 *	433,6 ±29,8 *	437,5 ±29,3 *
TR (n=4)	292 ±10,3 *	321,6 ±12,5 *	346,1 ±15,2 *	367,5 ±18,4 *	383,2 ±15,5 *	392 ±17,3 *	407,3 ±18,3 *	417,3 ±18 *	430,3 ±17,9 *	443,6 ±20,7 *	449,3 ±18,5 *	462,6 ±20,6 *
TW4 (n=4)	271,6 ±18,7 *	288,4 ±22,4 *	308,2 ±24,5 *	324,9 ±29,4 *	340 ±32,4 *	356,3 ±33,9 *	366,8 ±32,1 *	383,3 ±34,2 *	388,4 ±30,1 *	396,5 ±25,9 *	406,2 ±24,9 *	418,2 ±21,7 *

Legenda: Dados apresentado em média, desvio padrão e símbolo de significância. CT: controle; W4: suplementado com 4g/kg/dia de whey proteins; TR: treinamento resistido controle; TW4: treinamento resistido e suplementado com 4g/kg/dia de whey proteins. *: $p < 0,05$ comparado com o número da semana correspondente; O valor de p estatístico e a comparação entre grupos está descrito no texto.

A comparação da massa corporal total durante as doze semanas de protocolo mostrou diversas diferenças estatísticas ($p > 0,05$) em todos os grupos experimentais (CT, W4, TR e TW4) do presente estudo. O grupo CT quando comparado a S1 com as

semanas S3 a S12 foi identificado diferenças significativas ($p < 0,0001$), cabe ressaltar que apenas a S2 não apresentou diferença ($p = 0,3388$) quando comparado a S1.

O grupo W4 quando comparado a S1 com as semanas S2 ($p < 0,0123$), assim como a S3 a S12 ($p < 0,0001$) foi identificado diferenças significativas entre todas as semanas com o momento inicial (S1).

A comparação da S1 do grupo TR com as demais semanas do protocolo, mostrou que houve diferenças significativas entre todas as semanas do protocolo S2 a S12 ($p < 0,0001$) com o momento inicial (S1).

O grupo TW4 quando comparado a S1 com as semanas S3 a S12 identificou diferenças significativas entre as semanas do protocolo ($p < 0,0001$), cabe ressaltar que apenas a S2 não apresentou diferença estatística ($p < 0,2830$) com o momento inicial (S1).

A tabela 8 apresenta a massa corporal total dos grupos experimentais com o intervalo de quatro semanas durante o protocolo.

Tabela 8 - Massa corporal total com intervalo de quatro semanas durante protocolo

SEMANA	1	4	8	12
CT (n=4)	274,8 ±7,6 (4, 8, 12*)	318,6 ±10,2 (1, 8, 12*)	384,5 ±15,7 (1, 4, 12*)	418.2 ±22,9 (1, 4, 8*)
W4 (n=4)	273,9 ±19 (4, 8, 12*)	340 ±27 (1, 8, 12*)	398 ±23,9 (1, 4, 12*)	437.5 ±29,3 (1, 4, 8*)
TR (n=4)	292 ±10,3 (4, 8, 12*)	367,5 ±18,4 (1, 8, 12*)	417,3 ±18 (1, 4, 12*)	462.6 ±20,6 (1, 4, 8*)
TW4 (n=4)	271.6 ±18,7 (4, 8, 12*)	324.9 ±29,4 (1, 8, 12*)	383.3 ±34,2 (1, 4, 12*)	418.2 ±21,7 (1, 4, 8*)

Legenda: Dados apresentado em média, desvio padrão e símbolo de significância. CT: controle; W4: suplementado com 4g/kg/dia de whey proteins; TR: treinamento resistido controle; TW4: treinamento resistido e suplementado com 4g/kg/dia de whey proteins. *: $p < 0,05$ comparado com o número da semana correspondente; O valor de p estatístico e a comparação entre grupos está descrito no texto.

A comparação da massa corporal total (MCT) com intervalo de quatro semanas apresentou diversas diferenças significativas entre as semanas do protocolo.

O aumento ponderal do grupo CT mostrou diferenças de 15,94% na S4, 39,92% na S8 e 52,18% na S12 quando comparado a semana inicial (S1), a comparação estatística identificou diferenças a partir da S1 com as semanas citadas S4, S8 e S12 ($p < 0,0001$). Tal efeito também foi encontrado nas comparações da primeira semana (S1) do grupo W4 com S4, S8 e S12

($p < 0,0001$), com aumentos ponderais de 24,13%, 45,31% e 59,73% respectivamente.

A comparação ponderal da primeira semana (S1) do grupo TR foi respectivamente de 25,86% (S4), 42,91% (S8) e 58,42% (S12), foi identificado diferenças significativas entre as semanas. Foi identificado diferenças significativas entre as respectivas semanas (S2 a S12) quando comparado a S1 ($p < 0,0001$).

O aumento ponderal do grupo TW4 foi respectivamente de 19,42% na S4, 41,13% na S8 e 53,98% na S12, esse aumento provocou diferenças significativas da S3 a S12 ($p < 0,0001$), cabe ressaltar que apenas a comparação com a S2 não apresentou diferenças ($p > 0,238$).

A tabela 9 apresenta a massa corporal total dos grupos no início e ao final do protocolo de doze semanas.

Tabela 9 - Massa corporal total na primeira e última semana de protocolo

SEMANA	1	12	Δ (g)	(p)
CT (n=4)	274,8 $\pm 7,6$	418.2 $\pm 22,9$	143,4	$< 0,0007$
W4 (n=4)	273,9 ± 19	437.5 $\pm 29,3$	163,3	$< 0,0007$
TR (n=4)	292 $\pm 10,3$	462.6 $\pm 20,6$	170,6	$< 0,0007$
TW4 (n=4)	271.6 $\pm 18,7$	418.2 $\pm 21,7$	146,6	$< 0,0007$

Legenda: Dados apresentado em média, desvio padrão e símbolo de significância. CT: controle; W4: suplementado com 4g/kg/dia de whey proteins; TR: treinamento resistido controle; TW4: treinamento resistido e suplementado com 4g/kg/dia de whey proteins. *: $p < 0,05$ comparado com o número da semana correspondente; O valor de p estatístico e a comparação entre grupos está descrito no texto.

Por meio da comparação intragrupos foi identificado que todos os grupos experimentais do presente estudo apresentaram diferenças estatísticas significantes entre S1 e S12 ($p < 0,0007$).

A maior diferença na massa corporal total ocorreu no grupo TR ao final das doze semanas de protocolo, com a adição de 170,6 g de massa corporal, quando comparado ao seu início, representando 36,88% a mais de massa corporal total.

Em seguida temos o grupo W4 com a segunda maior quantidade de massa corporal total após o protocolo, com a adição de 163,3 g de massa corporal, quando comparado ao seu início, representando 62,61% a mais de massa corporal total.

8.3 MASSA DO MIOCÁRDIO

A Tabela 10 apresenta a comparação entre a massa do miocárdio (MMC) dos grupos experimentais do presente estudo.

Tabela 10 - Comparação entre massa do miocárdio (MMC).

	CT (n=4)	W4 (n=4)	TR (n=4)	TW4 (n=4)
RT1	1,47	1,12	1,51	1,34
RT2	1,41	1,10	1,53	1,33
RT3	1,58	1,11	1,50	1,34
RT4	1,42	1,14	1,51	1,29
MÉDIA	1.47 (W4, TW4*)	1.12 (TR, TW4*)	1.51 (TW4, W4*)	1.33 (CT, TR, W4*)
DP	0.08	0.02	0.01	0.02
MÍNIMO	1.41	1.10	1.50	1.29
MÁXIMO	1.58	1.14	1.53	1.34

Legenda: Dados apresentado em média, desvio padrão e símbolo de significância. DP: desvio padrão; CT: controle; W4: suplementado com 4g/kg/dia de whey proteins; TR: treinamento resistido controle; TW4: treinamento resistido e suplementado com 4g/kg/dia de whey proteins; RT1-4: rato; *: $p < 0,05$ comparado com o número da semana correspondente; O valor de p estatístico e a comparação entre grupos está descrito no texto.

A análise de variância mostrou que o grupo CT apresenta maior massa do miocárdio (MMC) de forma significativa quando comparado aos grupos W4 ($p < 0,0001$) e TW4 ($p < 0,0046$). A diferença percentual entre grupos foi de 23,81% e 8,84% respectivamente. Não foi identificado diferenças entre CT e TR ($p > 0,5304$).

Tal diferença significativa também ocorreu no W4 quando comparado aos grupos TR ($p<0,0001$) e TW4 ($p<0,0004$). A diferença percentual entre grupos foi de -2,72% e 8,84% respectivamente.

A diferença significativa também foi encontrada no grupo TR quando comparado aos grupos W4 ($p<0,0001$) e TW4 ($p<0,0008$). A diferença percentual entre grupos foi de 25,83% e 11,86% respectivamente.

O último grupo TW4 apresentou assim como os outros diferenças significativas, quando comparado aos grupos CT ($p<0,0046$), W4 ($p<0,0001$) e TR ($p<0,0008$). A diferença percentual entre grupos foi de 10,53%, 15,79% e 16,54% respectivamente.

8.4 ÍNDICE DE HIPERTROFIA CARDÍACA

A Tabela 11 apresenta a comparação do índice de hipertrofia cardíaca (IHC) dos grupos experimentais do presente estudo.

Tabela 11 - Comparação entre o índice de hipertrofia cardíaca (IHC).

	CT (n=4)	W4 (n=4)	TR (n=4)	TW4 (n=4)
RT1	3.81	2.41	3.31	2.97
RT2	3.28	2.73	3.17	3.35
RT3	3.77	2.62	3.44	3.20
RT4	3.24	2.48	3.18	3.17
MÉDIA	3.53	2.56	3.27	3.17
	(W4*)	(CT, TR, TW4*)	(W4*)	(W4*)
DP	0.31	0.14	0.13	0.15
MÍNIMO	3.24	2.41	3.17	2.97
MÁXIMO	3.81	2.73	3.44	3.35

Legenda: Dados apresentado em média, desvio padrão e símbolo de significância. DP: desvio padrão; CT: controle; W4: suplementado com 4g/kg/dia de whey proteins; TR: treinamento resistido controle; TW4: treinamento resistido e suplementado com 4g/kg/dia de whey proteins; RT1-4: rato; *: $p < 0,05$ comparado com o número da semana correspondente; O valor de p estatístico e a comparação entre grupos está descrito no texto.

A análise do Índice de Hipertrofia Cardíaca (IHC) constatou diversas diferenças estatísticas significativas. Para o grupo CT foi identificado tal resposta na comparação com o grupo W4 ($p < 0.0003$), mas não foi identificado entre os grupos TR ($p = 0.3364$) e TW4 ($p = 0.1215$), em percentual a diferença representou 27,48%.

Para o grupo W4 foi identificado diferenças significativas entre os grupos CT ($p < 0.0003$), TR ($p < 0.0028$) e TW4 ($p < 0,0077$), em percentual a diferença representou 27.48%, 21.71% e 19.24% respectivamente.

Para o grupo TR foi identificado diferença significativa entre o grupo W4 ($p < 0.0003$), em percentual a diferença representou 3,1%. Não foi identificado diferenças entre os grupos CT ($p < 0,1215$) TR ($p = 0.3364$) e TW4 ($p = 0.1215$).

Para o grupo TW4 foi identificado diferença significativa entre o grupo W4 ($p < 0.0003$), em percentual a diferença representou 10.96%. Não foi identificado diferenças entre os grupos CT ($p < 0,1215$) TR ($p = 0.3364$) e TW4 ($p = 0.1215$).

8.5 TESTE DE CARGA MÁXIMA

A Tabela 12 apresenta os valores dos testes de carga máxima (TCM) durante todo o protocolo de doze semanas executado no presente estudo.

Tabela 12 - Comparação do teste de carga máxima durante doze semanas de protocolo

SEMANA	0	2	4	6	8	10	12
TR	292	321,6	346,1	367,5	383,2	392	407,3
(n=4)	±10,3	±12,5	±15,2	±18,4	±15,5	±17,3	±18,3
	(2, 4, 6, 8, 10, 12*)	(4, 6, 8, 10, 12*)	(0, 6, 8, 10, 12*)	(0, 2, 4, 8, 10, 12*)	(0, 2, 4, 6, 10, 12*)	(0, 2, 4, 6, 12*)	(0, 2, 4, 6, 8, 10*)
TW4	205,2	368,1	394,4	463,4	501,7	482,9	547,3
(n=4)	±24,9	±36,4	±43,5	±28,5	±36,1	±35,6	±7,5
	(2, 4, 6, 8, 12*)	(0, 6, 8, 12*)	(0, 8, 12*)	(0, 2, 12*)	(0, 2, 4*)	(0, 2, 4*)	(0, 2, 4, 6*)

Legenda: Dados apresentado em média, desvio padrão e símbolo de significância; CT: controle; W4: suplementado com 4g/kg/dia de whey proteins; TR: treinamento resistido controle; TW4: treinamento resistido e suplementado com 4g/kg/dia de whey proteins;

Foi identificado várias diferenças significativas em todos os grupos que receberam o treinamento resistido (TR e TW4) analisados pelo presente estudo. O grupo TR apresentou diferenças nos testes S2, S4, S6, S8, S10 e S12 ($p < 0.0001$) quando

comparado a semana inicial (S0), o percentual das diferenças foi de 28.31%, 21.04%, 15.03%, 9.77%, 5.92% e 3.76% respectivamente.

O grupo treinado e suplementado (TW4) apresentou diferenças nos testes S2, S4, S6, S8 e S12 ($p < 0.0001$) quando comparado a semana inicial (S0), o percentual das diferenças foi de 37.49%, 32.74%, 27.84%, 15.33%, 8.33% e 62.51% respectivamente.

A Tabela 13 apresenta a comparação dos resultados do teste de peso carregado (TCM) na primeira (S1) e na última semana (S12) do protocolo de doze semanas

Tabela 13 - Comparação do teste de peso carregado (S1 e S12).

SEMANA	0	12	Δ (g)	Δ (%)	(p)
TR (n=4)	292 $\pm 10,3$	407,3 $\pm 18,3$	115,3	39.49	<0,0001
TW4 (n=4)	205,2 $\pm 24,9$	547,3 $\pm 7,5$	342,1	166.72	<0,0001

Legenda: Dados apresentado em média, desvio padrão e símbolo de significância; TR: treinamento resistido controle; TW4: treinamento resistido e suplementado com 4g/kg/dia de whey proteins; Δ (g): delta de variação em gramas; Δ (%): delta de variação percentual; (p): valor estatístico da comparação.

Foi identificado diferenças significativas nos grupos que receberam treinamento resistido. Para o grupo TR a semana inicial (S0) quando comparado a semana final (S12) do protocolo, apresenta uma diferença estatística significativa. Em percentual essa reação representa 28.31%.

Para o grupo TW4 a semana inicial (S0) quando comparado a semana final (S12) do protocolo, apresenta uma diferença estatística significativa. Em percentual essa reação representa 62.51%.

9 DISCUSSÃO

Por meio de análise do consumo de ração é possível notar que o grupo treinado e suplementado (TW4) ingeriu menores quantidades (96 ± 4 g) com diferenças percentuais entre 24.5 e 106.6% quando comparado aos demais grupos do presente estudo, essa reação também ocorreu no grupo suplementando (W4) com diferenças percentuais entre 39 e 102.1% e consumo médio de 71.9 ± 3 g.

Dessa forma, é correto afirmar que os grupos suplementados com whey proteins (W4 e TW4) independente de terem praticado treinamento resistido, consumiram menor quantidade ração durante todo o protocolo aplicado. Tal resultado possivelmente pode estar ligado ao consumo de proteína e seu efeito de saciedade nos ratos utilizados. Sabe-se que a saciedade é regulada pela complexa interação de mecanismos fisiológicos, psicológicos e comportamentais (Halton e Hu, 2004).

Estudos mostram que a proteína promove maior efeito de saciedade em relação aos outros macronutrientes e que dietas ou refeições hiperproteicas estão sendo utilizadas como estratégia para diminuição da ingestão calórica e como uma alternativa para perda de peso no tratamento do sobrepeso e obesidade (Veldhorst et al., 2008).

Algumas produções sobre a temática comprovam essa possível relação entre uma dieta hiper proteica e a saciedade.

Para Skov et al., (1999) que analisou o papel dos macronutrientes (carboidrato e proteína) no processo de redução de peso corporal promovido

por uma dieta rica em proteína, foi atribuído nos indivíduos que realizaram tal dieta uma redução de 17% no consumo proteico, quando comparado à dos indivíduos com dieta de maior carboidrato.

O trabalho produzido por Lacroix et al., (2004) que submeteu três grupos ratos machos wistar (n=16) a seis meses de consumo ad libitum de ração contendo diferentes dosagens de proteína (14% e 50%), observou-se que o grupo de ratos que consumiu a ração com maior quantidade de proteína tiveram consumo de ração 18% menor, após os seis meses de experimento.

No estudo de Freudentberg et al., (2012) encontraram uma menor ingestão de ração nos grupos de ratos que foram suplementados com whey proteins, cabe ressaltar que o estudo foi feito com camundongos, com uma duração de tempo maior de experimento quando comparado ao presente estudo.

O consumo médio de ração durante todo o protocolo mostrou que o grupo controle (CT) estava entre os dois grupos que mais consumiram ração ($135,4 \pm 3.1\text{g}$). O estudo de França e Andrade (2018a) com 30 ratos machos wistar, com peso médio de 200 g e 60 dias de idade submetidos a um protocolo de treinamento resistido e suplementação proteica por seis semanas, identificou seu grupo controle sedentário (SC) como um dos dois principais no consumo durante o protocolo, semelhante o achado pelo presente estudo.

Análise da ingestão de ração durante o protocolo experimental demonstrou que os grupos CT ($135,4 \pm 3,1\text{ g}$) e TR ($198,5 \pm 7,3\text{ g}$) tiveram um consumo percentual e estatisticamente maior (30% e 39.5% respectivamente) comparado aos grupos W4 ($p<0.0001$ e $p<0.0001$), além de TW4 ($p<0.0001$ e

$p < 0.0001$). A tese produzida por Leite (2013) que contou com ratos machos wistar e o mesmo protocolo de treinamento resistido do presente estudo apresentou resultado semelhante, seus grupos SD (sedentário) e TR (treinado) apresentaram um consumo alimentar maior (28,41% e 27,89% respectivamente).

Neste estudo, não observamos a influência do treinamento no consumo de ração do grupo TR que foi submetido exclusivamente ao treinamento resistido, embora estudos demonstrem que pode sim levar a uma diminuição da ingestão (Ropelle et al., 2010; Speretta et al., 2012).

O mecanismo de modificação do consumo alimentar de ratos pelo exercício foi descrito por Ropelle et al., (2010) por meio de um artigo de revisão, foi descrito que o exercício físico aumenta a expressão hipotalâmica de IL-6 e IL-10, resultando em aumento na sensibilidade à insulina e a leptina através da inibição do complexo I κ B (I κ KB) e redução do estresse no retículo endoplasmático. A melhora na sensibilidade hipotalâmica à ação da leptina e da insulina favorecem a saciedade nesses animais e consequentemente redução na ingestão alimentar quando comparado com animais não-treinados.

O comportamento alimentar analisado no presente estudo sofreu modificações durante todo o protocolo de doze semanas, os quatro grupos do estudo (CT, W4, TR e TW4) apresentaram respectivamente aumentos e posterior diminuições no consumo de ração. Tal resultado também foi identificado por Marques (2018a) que aplicou um protocolo de 12 semanas de treinamento resistido associado a suplementação de 4g/kg/dia de whey

proteins em 60 ratos machos wistar, com 250 g de peso corporal e 60 dias de idade.

O trabalho citado anteriormente de França e Andrade (2018b) apresentou o mesmo efeito do presente estudo, onde houve um padrão de consumo maior nas primeiras semanas de protocolo, seguido por diminuições do consumo e uma nova elevação a partir da quinta semana de treinamento.

Em relação a massa do corporal total analisada mostrou que os grupos sedentários (CT e W2) e treinados (TR e TW4) tiveram aumentos significativos ao longo de 12 semanas, com valores percentuais de 52.2% para CT, 59.7% para W4, 58.4% para TR e 54% para TW4.

De acordo com Freiburger et al., (2011) diversos trabalhos estão sendo feitos com animais de experimentação submetidos a diferentes protocolos de exercício físico vêm contribuindo para o entendimento da relação entre treinamento físico e modificação da massa corporal total.

O trabalho de Marques (2018b) também identificou aumentos significativos na massa corporal de sua amostra sedentária (59,8% e 57,8%) e treinada (57,8% e 51,1%) ao longo de doze semanas, quando comparado à semana 1.

O trabalho produzido por Macedo (2018) que contou com 38 ratos machos wistar, com peso corporal de 250g, com idade inicial de 60 dias, que foram submetidos a um protocolo de suplementação com diferentes dosagens de whey protein (entre elas 4g/kg/dia) durante doze semanas, encontrou em sua análise a mesma evolução ponderal ao final do protocolo aplicado.

Outro trabalho produzido por Silva (2019) com 64 ratos machos wistar, submetido a um protocolo de treinamento resistido e suplementação proteica (entre eles 4g/kg/dia) por doze semanas buscando seus efeitos na função hepática, detectou um ganho de peso corporal ao final do período do protocolo.

Esses recentes estudos apresentaram semelhança em seus resultados com o presente estudo, portanto é correto afirmar que o consumo ad libitum de ração por um período de 12 semanas, promove um aumento significativo na massa corporal total independente do protocolo de suplementação proteica ou de treinamento resistido.

A análise intergrupos identificou várias diferenças significativas ($p < 0,0001$) na massa corporal dos grupos do presente estudo, com exceção da comparação entre CT e TR ($p > 0,9999$) que representou uma pequena diferença de 0.12 g entre suas médias.

Esse resultado também foi achado por Nunes et al., (2013) que aplicou um protocolo de treinamento resistido e suplementação de whey proteins (1g/kg) durante 8 semanas, em ratos machos wistar divididos em quatro grupos experimentais, com amostra treinada (TR) e sedentária (SED), ao final não foi identificado diferenças estatísticas significativas.

Os resultados dessas comparações sem significância, mostram que o treinamento resistido não influenciou em um maior ganho de massa corporal de forma significativa, portanto, períodos de experimento/protocolo de 8 ou 12 semanas de treinamento não é suficiente para modificação de tal variável.

A comparação intergrupos que utilizaram suplementação (W4 e TW4) mostrou diferenças significativas entre suas massas corporais ($p < 0,0001$). É

necessário destacar que o grupo TW4 apresentou menores quantidades de massa (354.1 ± 47.8 g) quando comparado a W4 (371.1 ± 54.2 g).

Tal achado corrobora com o trabalho de Silva (2019) que analisou os grupos treinados e suplementados com 4g/kg/dia de whey proteins. O resultado da massa corporal do presente estudo também foi semelhante ao do estudo de 6 semanas de CHEN et al. (2014) em que ratos camundongos treinados e suplementados tiveram a massa corporal total menor ao final do estudo em relação aos grupos não suplementados

Portanto, embora tenham recebido a mesma dose de whey proteins, podemos inferir que o treinamento resistido possa ter exercido efeito de controle ponderal para a dose 4g de whey proteins por dia.

Outro resultado acerca da massa corporal no presente estudo ocorreu com os grupos CT e TW4 que apresentaram as menores médias de massa corporal com 354.1 ± 47.8 g e 354.4 ± 50.4 g respectivamente. A comparação entre os grupos não identificou diferenças ($p > 0,9999$) sobre a quantidade de massa corporal.

Tal resultado envolvendo o grupo TW4 foi descrito por Gortari e Joseph-Bravo (2006) que possivelmente o protocolo de treinamento resistido promoveu ajustes metabólicos decorrentes da ação neuroendócrina e elevação concomitante de secreção hormonal contrarreguladora, promovendo a elevação na mobilização das reservas energéticas, elevação no gasto metabólico e consequentemente menor massa corporal. Para Leite (2013) isso demonstra que o treinamento resistido pode sim ser uma forma eficiente para evitar o aumento de peso corporal ao longo do tempo.

Em relação ao índice de hipertrofia cardíaca (IHC), foram comparados o efeito do treinamento resistido (grupo TR) com os demais grupos, foi identificado apenas uma diferença significativa com W4 ($p<0,0077$) representando 37.5%. Dessa forma é possível inferir que a aplicação do treinamento resistido por doze semanas promoveu um maior aumento no índice, quando comparado ao grupo suplementado e que não treinou (sedentário).

Tal achado foi encontrado na tese de Cabral (2013) que contou com 24 ratos machos wistar, além de um protocolo de treinamento por oito semanas. A comparação do índice entre a amostra treinada e sedentária identificou nos ratos que sofrem o estímulo do treinamento maiores valores de IHC.

Em relação ao teste de carga máxima aplicado a cada duas semanas, identificou-se um aumento estatístico significativo ($p>0,0001$) da força muscular dos ratos treinados no decorrer do período de doze semanas, quando comparado a semana 0. Esses aumentos representaram respectivamente 39.49% para TR e 166.72% para TW4.

Esses achados corroboram com os trabalhos de Silva (2019) que encontrou aumento da força de todos seus grupos treinados ao final do protocolo de 12 semanas. No estudo de Aparicio et al., (2014) também houve aumento da força em estudo de 12 semanas, corroborando com nossos achados.

O presente estudo corroborou com os achados de Marques (2018) em seu estudo que analisou a expressão gênica de ratos machos wistar associado ao treinamento resistido e suplementação de whey proteins por doze semanas,

achou aumentos na força de seus grupos treinados que variavam entre 28 e 58.5%

Esse aumento da força em todos os grupos treinados do presente estudo foi provocado pelas adaptações proporcionadas pelo treinamento resistido, além disso, a melhora da performance nos grupos que treinaram e suplementaram com whey proteins possivelmente está associado a um aumento dos estoques de glicogênio muscular e hepático que são aumentados pela suplementação de whey proteins como descritos nos estudos de Morifuji et al., (2005a) e Morifuji et al.,(2005b).

10 CONCLUSÃO

A suplementação de 4g/kg/dia de whey proteins associado ao treinamento resistido por doze semanas não provocou alterações nas variáveis analisadas (consumo de ração, massa corporal total, massa do miocárdio, índice de hipertrofia cardíaca) com exceção do teste de força aplicado.

A aplicação dos estímulos provocados pelo treinamento resistido e a suplementação de whey proteins de formas independente em seus respectivos grupos, promoveram os respectivos aumentos procurados no presente estudo.

Portanto, a hipótese nula do presente estudo mostrou-se correta, pois a dosagem supra fisiológica não promoveu aumentos nas medidas do sistema cardiovascular (massa do miocárdio e índice de hipertrofia cardíaca).

A suplementação com Whey Proteins também proporcionou uma potencialização no aumento da força dos animais que realizaram treinamento resistido.

REFERENCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Alimentação Saudável: Fique Esperto! P. 4. Brasília-DF, 2008. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/propaganda/alimento_saudavel_gprop_web.pdf>. Acesso em 21/02/2018

ALVAREZ, T.; BRASIOLI, M.; NABHOLZ, T. V. Proteínas e suplementação. In: Nabholz, T. V. Nutrição esportiva: aspectos relacionados à suplementação nutricional, p. 113-129, 2007.

ANVERSA, P. et al. Effects of aging on quantitative structural properties o coronary vasculature and microvasculature in rats. **Am. J. Physiol.**, v. 267, n. 3, p. 1062-1073, 1994.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE JOINT POSITION STATEMENT. Nutrition and Athletic Performance. **Medicine & Science In Sports & Exercise**. [s.l.]. Vol. 48. Núm. 3. p.543-568. 2016.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE (ACSM). Appropriate intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. **Med Sci Sports Exerc**. v. 33, n. 12, p. 2145-56, 2001.

AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION AND DIETITIANS OF CANADA: dietary fatty acids, **Journal of the American Dietetic Association**. 2012. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17936958>>. Acesso em 20/02/2018.

ANTIWI, S. Malnutrition: missed opportunities for diagnosis. **Ghana. Med. J.**, v. 42, p. 101-104, 2008.

BERG, J.M.; TYMOCZKO, J.L.; STRYER, L. Bioquímica. 7ª Edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

BERGWERFF, M.; DERUITER, M. C.; GROOT, A. C. G. Comparative anatomy and ontogeny of the ductus arteriosus, a vascular outsider. *Anatomy and Embryology*, v. 200, p. 559-571, 1999.

BRASIL. CONCEA - Conselho Nacional de Controle e Experimentação Animal. Resolução Normativa nº 37 de janeiro de 2018. Diretriz da Prática de Eutanásia do Conselho Nacional de Experimentação Animal.

BRAUNWALD, E.; BRISTOW, M. R. Congestive heart failure: fifty years of progress. *Circulation*, [s. l.], v. 102, n. 20 Suppl 4, p. IV14–23, 2000.

BRUM, P.C.; FORJAZ, C.L.M.; TINUCCI T.; NEGRÃO, C.E. Adaptações agudas e crônicas do exercício físico no sistema cardiovascular. **Rev. paul. Educ. Fís.**, São Paulo, v.18, p.21-31, ago. 2004.

BURLEW, B.S.;WEBER, K.T. Connective tissue and the heart: functional significance and regulatory mechanisms. **Cardiol. Clin.**, v. 18, n. 3, p. 435-442, 2000.

CABRAL, C.A.C. Efeitos do exercício físico em cardiomiócitos de ratos desnutridos. Tese de Doutorado. Núcleo de pesquisas em ciências biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, 2013.

CAMARAZANO A, RABISCHOFFSKY A, MACIEL BC, BRINDEIRO FILHO D, HOROWITZ ES, PENA JLB, et al.; Sociedade Brasileira de Cardiologia. Diretrizes das indicações da ecocardiografia. **Arq Bras Cardiol.** Vol. 9, n.6, supl. 3, p. 265-302, 2009.

CARNIATTO, C. H. O.; VIDOTTI, A. P.; BIANCHI, L. R. O.; MELLO, J. M. Morphology and evolution of the heart in vertebrates: **A Review. Arquivos do MUDI**, v. 23, n. 3, p. 290-303, 2019.

CARRILHO, L.H. Benefícios da utilização da proteína do soro do leite whey protein. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva.** São Paulo. Vol. 7, n.40, p. 195-203, 2013.

CÂMARA, L.C.; BASTOS, C.C.; VOLPE, E.F.T. Resistance exercise in frail elderly: a literature review. **Fisioterapia em Movimento**, Curitiba, v. 25, n. 2, p. 435-443, abr./jun. 2012.

CASPERSEN, C.J.; POWELL, K.E.; CHRISTENSON, G.M. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. **Public Health Reports**, Boston, v. 100, n. 2, p. 126-131, 1985.

DE PINHO RA, et al. Doença arterial coronariana, exercício físico e estresse oxidativo. **Arq Bras Cardiol**, v. 4, n. 94, p. 549-55. 2010.

DICKINSON, J.M.; GUNDERMANN, D.M.; WALKER, D.K.; REIDY, P.T.; BORACK, M.S.; DRUMMOND, M.J.; ARORA, M.; VOLPI E.; RASMUSSEN, B.B. Leucine-enriched amino acid ingestion after resistance exercise prolongs myofibrillar protein synthesis and amino acid transporter expression in older men. **The journal of nutrition**, Rockville, v. 144, n. 11, p. 1694-1702, 2014.

DRÖGE, W. Free radicals in the physiological control of cell function. **Physiological Review**, v. 82, p. 47-95, 2007.

DUNFORD, M. Fundamentos de nutrição no esporte e no exercício. São Paulo. Manole, 2012.

FERREIRA FILHO, P. R. P. Patterns of Left Ventricular Hypertrophy and Geometry by Chest Echocardiography. **Rev bras ecocardiogr imagem cardiovasc.** v. 25, n. 2, p. 103-115, 2012.

FERNANDES T, et al. Aerobic exercise training promotes physiological cardiac remodeling involving a set of microRNAs. **American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology**, 2015; 309(4): 543-552, 2015.

FREIBERGER E.; SIEBER C.; PFEIFER K. Physical activity, exercise, and sarcopenia --- future challenges. *Wien Med Wochenschr.* Vol. 17-18 p. 416, 2011

FREUNDENBERG, A.; PETZKE, K. J.; KLAUS, S. Comparison of high-protein diets and leucine supplementation in the prevention of metabolic syndrome and related disorders in mice. *J Nutr Biochem.* v. 23, n.11, p.1524-30, 2012.

FLÜCK, M.; HOPPELER, H. Molecular Basis of Skeletal Muscle Plasticity-from Gene to Form and Function. **Reviews of physiology, biochemistry, and pharmacology.** v. 146. p. 159-216, 2003.

GIANOLLA, F. Musculação: conceitos básicos. São Paulo: Manole, 2003.

GORTARI A, JOSEPH-BRAVO P. Neuroendocrine regulation of energy homeostasis. *Molecular Endocrinology.* Vol. 2, n. 2, p.65, 2006.

GRONEK P, et al. A Review of Exercise as Medicine in Cardiovascular Disease: Pathology and Mechanism. *Aging and disease.* n. 2, v. 11, p 327-340. 2020.

GONÇALVES M.P.; ALCHIERI J.C. Motivação à prática de atividades físicas: um estudo com praticantes não-atletas. *Psico-USf*, v.1, n. 15 p. 125-134, 2010.

GUPTA, Mahesh P. Factors controlling cardiac myosin-isoform shift during hypertrophy and heart failure. *Journal of molecular and cellular cardiology*, [s. l.], v. 43, n. 4, p. 388–403, 2007.

HALTON, T. L.; HU, F. B. The effects of high protein diets on thermogenesis, satiety and weight loss: a critical review. **J Am Coll Nutr.** 2004; 23:373-85.

HARAGUCHI, F. K.; ABREU, W.C.; DE PAULA, H. Proteínas do soro do leite: composição, propriedade nutricionais, aplicações no esporte e benefícios para a saúde humana. **Revista de Nutrição.** Campinas. VI. 4, n. 19, p. 479-488, 2006.

HELMS, E.R.; ARAGON, A.; FITSCHEN, P.J. Evidence-based recommendations for natural bodybuilding contest preparation: nutrition and supplementation. **Journal of The International Society of Sports Nutrition.** [s.l.]. Vol. 11. Núm. 1. p.2-20. 2014.

HIRSCHBRUCH, M. D.; FISBERG, M.; MOCHIZUKI, L. Consumo de suplementos por jovens frequentadores de academias de ginástica em São Paulo. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 14, n. 6, 2008.

HORNBERGER, T.A.; FARRAR, R.P. Physiological hipertrophy of the FHL muscle folowing 8 weeks of progressive resistance exercise in the rat. **Can. J. Appl. Physiol.** Vol. 29. Núm. 1. p. 16-31. 2004.

IEMITSU, M. et al. Physiological and pathological cardiac hypertrophy induce different molecular phenotypes in the rat. *American journal of physiology.*

Regulatory, integrative and comparative physiology, [s. l.], v. 281, n. 6, p. R2029–36, 2001.

JAENISCH, R.B.; FARALOZZO, F. Efeito do treinamento resistido em pacientes com insuficiência cardíaca. **Revista Perspectiva: Ciência e Saúde**, v. 2, n. 1, p. 124-136, 2017.

JUNQUEIRA, L.C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. 7.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

KARDONG, K. V. Vertebrados: anatomia comparada, função e evolução. 7 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016. 788 p.

KEMI, O.J. et al. Intensity-controlled treadmill running in mice: cardiac and skeletal muscle hypertrophy. **J. Appl. Physiol.**, v. 93, n. 4, p. 1301-1309, 2002.

KEMI, O.J. et al. Aerobic fitness is associated with cardiomyocyte contractile capacity and endothelial function in exercise training and detraining. **Circulation**, v. 109, n. 23, p. 2897-2904, 2004.

KEMI, O.J. et al. Moderate vs. high exercise intensity: differential effects on aerobic fitness, cardiomyocyte contractility, and endothelial function. **Cardiovasc. Res.**, v. 67, n. 1, p. 161-172, 2005.

KEMI, O.J. et al. Aerobic interval training enhances cardiomyocyte contractility and Ca²⁺ cycling by phosphorylation of CaMKII and Thr-17 of phospholamban. **J. Mol. Cell. Cardiol.**, v. 43, n. 3, p. 354-361, 2007.

KEMI, O.J. et al. Myocardial sarcoplasmic reticulum Ca²⁺ ATPase function is increased by aerobic interval training. **Eur. J. Cardiovasc. Prev. Rehabil.**, v. 15, n. 2, p. 145-148, 2008.

KRUG, A.L.O.; MACEDO, A.G.; ZAGO, A.S.; RUSH, J.W.E.; SANTOS, C.F.; AMARAL, S.L. High-Intensity resistance training attenuates dexamethasone-induced muscle atrophy. **Muscle & Nerve**. Vol. 53. p. 779-788. 2016

LACROIX M, GAUDICHON C, MARTIN A, MORENS C, MATHÉ V, TOMÉ D, et al. A long-term high-protein diet markedly reduces adipose tissue without major side effects in Wistar male rats. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. vol. 287 v.4, p. 934-42, 2004.

LEITE, R. D. Efeitos do treinamento resistido em ratos alimentados com dieta hiperlipídica. Tese (doutorado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes. Pós-graduação em Biociências, 2013.

LIMA, F.V.S. Efeitos do treinamento resistido em pacientes com insuficiência cardíaca com fração de ejeção reduzida: revisão sistemática e metanálise. Dissertação de Mestrado em Ciências e Tecnologias em Saúde. Universidade de Brasília, 2016.

LI Y., et al. Healthy lifestyle and life expectancy free of cancer, cardiovascular disease, and type 2 diabetes: prospective cohort study. *BMJ*, 2020.

MACNAUGHTON, L.S.; WARDLE S.L.; WITARD, O.C.; MCGLORY, C.; HAMILTON, D.L.; JEROMSON, S.; LAWRENCE, C.E.; WALLIS, G.A.; TIPTON, K.D. The response of muscle protein synthesis following whole-body resistance exercise is greater following 40 g than 20 g of ingested whey protein. **Physiological Reports**. [s.l.]. Vol. 4. Núm. 15. p.1-16. 2016.

MARQUES, R.F. Treinamento resistido e regulação da massa muscular. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, São Paulo, v.10, n.62, p.438-440, 2016.

MARON, Barry J.; PELLICCIA, Antonio. The heart of trained athletes: cardiac remodeling and the risks of sports, including sudden death. *Circulation*, [s. l.], v. 114, n. 15, p. 1633–1644, 2006.

MAUGHAN, R.J.; BURKE, L.M. Nutrição Esportiva. *Artmed*. p. 27-37, 2004.

MCARDLE, W.D.; KATCH, F.I.; KATCH, V.L. Fisiologia do exercício. 5ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

MCGLORY, C.; PHILLIPS, S.M. Exercise and the Regulation of Skeletal Muscle Hypertrophy. In: **Progress in Molecular Biology and Translational Science**. [s.l.] p.153-173. 2015.

MONAHAN-EARLEY, R.; DVORAK, A. M.; AIRD, W. C. Evolutionary origins of the blood vascular system and endothelium. *Journal of Thrombosis and Haemostasis*, v. 11, s. 1, p. 46- 66, 2013.

MORIFUJI, M.; SAKAI, K.; SANBONGI, C.; SUGIURA, K. Dietary whey protein increases liver and skeletal muscle glycogen levels in exercise-trained rats. **British Journal of Nutrition**. [s.l.]. Vol. 93. Núm. 4. p.439-445. 2005a. **106**

MORIFUJI, M.; SAKAI, K.; SUGIURA, K. Dietary whey protein modulates liver glycogen level and glycoregulatory enzyme activities in exercise-trained rats. **Experimental Biology and medicine**. Vol. 230. Núm. 1. p.23-30. 2005b.

NADERI, A.; DE OLIVEIRA, E.P.; ZIEGENFUSS, T.N.; WILLEMS, M.T. Timing, Optimal Dose and Intake Duration of Dietary Supplements with Evidence-Based Use in Sports Nutrition. **Journal of Exercise Nutrition & Biochemistry**. [s.l.]. Vol. 20. Núm. 4. p.1-12. 2016.

NATIONAL STRENGTH AND CONDITIONING ASSOCIATION (NSCA). Youth resistance training: update position statement paper from the National Strength and Conditioning Association. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 23, n. 5, p. 560-79, 2009.

NASCIMENTO, S.L.; GODOY, A.C.; SURITA, F.G.; PINTO E SILVA, J.L. **Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetria**, v. 36, n. 9, p. 423-31, 2014.

NEVES, S.M.P.; MANCINI FILHO, J.; MENEZES, E.W. Manual de Cuidados e Procedimentos com Animais de Laboratório do Biotério de Produção e Experimentação da FCF-IQ/USP. FCF-IQ/USP, São Paulo, 2013.

OLIVEIRA, E.C. **Avaliação bioquímica nutricional de animais treinados submetidos à desnutrição e recuperação nutricional**. 2007. 139 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, 2007.

ORMSBEE, M.J.; BACH, C.W.; BAUR, D.A. Pré-exercise nutrition: the role of macronutrients, modified starches and supplements on metabolism and endurance performance. **Nutrients**, v. 6, n. 5, p. 1782-1808, 2014.

PAL, S.; RADAVELLI-BAGATINI, S. The effects of whey protein on cardiometabolic risk factors. **Obesity Reviews**. VI. 14, n. 4, p. 324-343, 2013

PAIVA, A.C.; ALFENAS, R.C.G.; BRESSAN, J. Effects of high protein intake in the metabolism. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**. v. 22, n. 1, p. 83-84, 2007.

PELSTER, B.; BEMIS, W. E. Ontogeny of heart function in the little skate *Raja erinacea*. The Journal of Experimental Biology, v. 156, p. 387-398, 1999.

PHILLIPS, S.M. Physiologic and molecular bases of muscle hypertrophy and atrophy: impact of resistance exercise on human skeletal muscle (protein and exercise dose effects). **Applied Physiology, Nutrition, And Metabolism**. Vol. 34. Núm. 3. p.403-410. 2009.

PHILLIPS, S.M.; VAN LOON, L.J. Dietary protein for athletes: From requirements to optimum adaptation. **Journal of Sports Sciences**. [s.l.]. Vol. 29. Núm. 1. p.29-38. 2011.

PINTO, G. H. Análise do perfil de miRNAs e vias de sinalização relacionadas em modelo animal de hipertrofia cardíaca fisiológica induzida por natação. Tese de Doutorado. Programa de pós-graduação em Ciências da Saúde: Cardiologia e Ciências Cardiovasculares. Universidade Federal do Rio Grande Do Sul. 2018.

RIOS, E.T.; RODRIGUES, F.C.; ROCHA, L.F.; SALEMI V.M.C.; MIRANDA, D.P. Influência do volume semanal e do treinamento resistido sobre a incidência de lesão em corredores de rua. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 11. n. 64, p. 104-109, 2017.

ROBERGS, R.A.; ROBERTS, S.O. Princípios Fundamentais de Fisiologia do Exercício para Aptidão, Desempenho e Saúde. São Paulo: Phorte, 2002.

ROPELLE, E.R.; FLORES, M. B.; CINTRA, D. E.; ROCHA, G. Z.; PAULI, J. R.; MORARI, J. J.; SOUZA, C. T.; MORAES, J. C.; PRADA, P. O.; GUADAGNINI, D.; MARIN, R. M.; OLIVEIRA, A. G.; AUGUSTO T. M.; CARVALHO, H. F.; VELLOSO, L. A.; SAAD, M. J. A.; CARVALHEIRA, J. B. C. IL-6 and IL-10 anti-inflammatory activity links exercise to hypothalamic insulin and leptin sensitivity

through IKKbeta and ER stress inhibition. *PLoS Biol*, v. 8, n. 8, p. 1-20, Aug 2010.

SHIMIZU, Ippei et al. Excessive cardiac insulin signaling exacerbates systolic dysfunction induced by pressure overload in rodents. *The Journal of clinical investigation*, [s. l.], v. 120, n. 5, p. 1506–1514, 2010.

SHIMIZU, Ippei; MINAMINO, Tohru. Physiological and pathological cardiac hypertrophy. *Journal of molecular and cellular cardiology*, [s. l.], v. 97, p. 245–262, 2016.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIAS EM ANIMAIS DE Laboratório (SBCAL/COBEA), 2012. Disponível em: <<http://www.sbcal.org.br>>. Acessado em 01/11/2019

SILVA, A. J. S. Efeitos da suplementação de whey proteins e do treinamento resistido de doze semanas sobre a função renal de ratos wistar. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em Saúde do Adulto. Universidade Federal do Maranhão. 2019.

SKOV A. R.; TOUBRO, S.; RONN, B.; HOLM, L.; ASTRUP, A. Randomized trial on protein vs carbohydrate in ad libitum fat reduced diet for the treatment of obesity. *Int J Obes*. v. 5, n. 23, p. 558-36, 1999.

TERADA, L.C.; GODOI, M.R.; SILVA, T.C.V.; MONTEIRO, T.L. Efeitos metabólicos da suplementação do Whey protein em praticantes de exercícios com pesos. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, São Paulo, v. 3, n. 16, p. 295-305, 2009.

TERRA, R.; SILVA, S. A. G.; PINTO, V. S.; DUTRA, P. M. L. Effect of exercise on immune system: response, adaptation and cell signaling. *Rev. Bras. Med. Esporte*, V. 18, N. 3, 2012.

VEGA R.B. et al. Mecanismos moleculares subjacentes à adaptação cardíaca ao exercício. *Cell metabolismo*, v. 5, n. 25, p. 1012-1026, 2017.

VELDHORST M., SMEETS A., SOENEN S. et al. Protein-induced satiety: effects and mechanisms of different proteins. *Physiol Behav*, v.94, n.2, p.300-307, 2008.

WANG, S. et al. Swimming training can affect intrinsic calcium current characteristics in rat myocardium. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v. 104, n. 3, p. 549-555, 2008.

WORLD HEALTH ORGANIZATION: Geneva, Switzerland, 2008. YAMAGISHI, S.I.; EDELSTEIN, D.; DU, X.L.; BROWNLEE, M. Hyperglycemia potentiates collagen-induced platelet activation through mitochondrial superoxide overproduction. **Diabetes**, v. 50, n. 6, p.1491-94, 2001.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. The Global Burden of Disease: 2004 Update.

WORLD HEALTH ORGANIZATION: Geneva, Switzerland, 2008.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. Nutrition. 2011.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Actividad física: Hecho clave, 2018. Disponível em <<http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>>. Acesso em 10/02/2018.

ANEXOS



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS - CEUA
CIAEP: 01.0341.2014



Comissão de Ética no Uso de Animais

CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada: "EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE WHEY PROTEINS, INOCULAÇÃO DE DECANOATO DE NANDROLONA E TREINAMENTO RESISTIDO POR 12 SEMANAS SOBRE PERFIL LIPÍDICO E MORFOLOGIA NO TECIDO ADIPOSEO VISCERAL DE RATOS WISTAR", Processo nº 23115.011149/2019-41, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Francisco Navarro, que envolve a produção, manutenção ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi considerado **APROVADO** pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA - UFMA) da Universidade Federal do Maranhão, na reunião realizada em 03/05/2019.

We certify that the proposal: "EFFECTS OF WHEY PROTEINS SUPPLEMENTATION, NANDROLONE DECANOATE INOCULATION AND RESISTED TRAINING FOR 12 WEEKS ON LIPID PROFILE AND MORPHOLOGY OF VISCERAL ADIPOSE TISSUE IN RATS", Process n. 23115.011149/2019-41, under the responsibility of Prof. Dr. Francisco Navarro, which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, sub phylum Vertebrata (except humans beings) for scientific research purposes (or teaching) - is in accordance with Law No. 11,794, of October 8, 2008, Decree No. 6.899, of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **APPROVED** by the Ethics Committee on Animals Use of the Federal University of Maranhão (CEUA - UFMA), in meeting of 05/03/2019.

Finalidade da Proposta: Pesquisa

Área: Ciências da Saúde

Vigência da Proposta: 01/03/2020 a 01/03/2022.

Origem:	Biotério Central da UFMA	Amostra
Espécie:	Ratos (<i>Rattus norvegicus</i>)	Idade: 60 dias Peso: 250 - 350g
Linhagem/Raça:	Wistar	65

Local do experimento: Biotério setorial da Pós-Graduação do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde - CCBS/UFMA.

São Luís, 16 de dezembro de 2019.

Prof. Dr. Rafael Cardoso Carvalho
Presidente da Comissão de Ética no uso de Animais - CEUA/UFMA

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Miranda, Bruno Luiz Galvão de.

EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE WHEY PROTEINS ASSOCIADO AO TREINAMENTO RESISTIDO POR DOZE SEMANAS SOBRE A MORFOLOGIA CARDÍACA DE RATOS WISTAR / Bruno Luiz Galvão de Miranda. - 2022.

81 p.

Coorientador(a): Antônio Coppi Navarro.

Orientador(a): Francisco Navarro.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Educação Física/ccbs, Universidade Federal do Maranhão, Universidade Federal do Maranhão, 2022.

1. Consumo. 2. Miocárdio. 3. Morfologia. 4. Treinamento Resistido. 5. Whey Proteins. I. Navarro, Antônio Coppi. II. Navarro, Francisco. III. Título.