

TARCILA FIGUEIREDO ALMEIDA

**A MASSA DO CORAÇÃO ESTÁ ASSOCIADA COM DIFERENÇAS NA
CAPACIDADE INTRÍNSECA PARA O EXERCÍCIO FÍSICO**

Belo Horizonte
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia ocupacional/UFMG
2015

TARCILA FIGUEIREDO ALMEIDA

**A MASSA DO CORAÇÃO ESTÁ ASSOCIADA COM DIFERENÇAS NA
CAPACIDADE INTRÍNSECA PARA O EXERCÍCIO FÍSICO**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Educação Física da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciatura em Educação Física.

Orientadora: Dra. Danusa Dias Soares

Coorientadora: MSc. Patrícia Rocha da Conceição Rabelo

Belo Horizonte
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia ocupacional/UFMG
2015

Dedico esse trabalho a vida. Momento o qual experimento a fé, me formo no leito familiar, construo amizades que são suporte e sinceridade, enfrento desafios, seleciono conhecimentos e prazeres, defino uma identidade, escolho o amor. Dedico a cada pessoa que proporcionou esses momentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha amiga Patrícia. Pela paciência, cuidado, ensinamentos e amizade ao longo de minha formação. Ser sua iniciação científica revelou o sentido e amor dedicado ao conhecimento científico.

Agradeço a professora Dr. Danusa Dias Soares pela oportunidade de formação científica.

Agradeço à todos os professores e alunos do laboratório de Fisiologia que me acolheram com os ensinamentos transmitidos.

À minha família, meu eterno pai Caio Roberto, minha mãe Mary, meus irmãos Otávio e Lucas. E as minhas famílias Almeida, Figueiredo, e Carvalho e Oliveira

Ao meu marido Marco Aurélio, pelo incentivo, apoio e suporte ao longo desses anos.

Aos alunos e professores do curso de Educação Física.

À Deus, que trouxe cada uma dessas pessoas com experiências únicas.

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo comparar, em animais com diferentes capacidades intrínsecas para o exercício, a massa do coração relativizada. Os animais foram classificados com diferentes capacidades intrínsecas a partir dos resultados obtidos através de um protocolo de testes progressivos em esteira rolante. Utilizando o dado de maior tempo de exercício (TE_{max}) obtido por cada animal entre os testes, foi construído um histograma de distribuição de frequência dessa variável. Para o desenvolvimento do histograma foram utilizados 210 ratos *Wistar*. A média do TE_{max} de todos os animais (TE_{medio}) foi de 41,0 min e o desvio padrão (s)= 16,1 min. Os animais, portanto, foram classificados como: capacidade-média (CM), que obtiveram um TE_{max} maior que o TE_{medio} menos um s e menor que o TE_{medio} mais um s (TE_{max} entre 24,9 e 57,1 min); capacidade-baixa (CB), que obtiveram um TE_{max} inferior ao TE_{medio} menos um s ($TE_{max} < 24,9$ min); e capacidade-alta (CA), que obtiveram um TE_{max} superior ao TE_{medio} mais um s ($TE_{max} > 57,1$ min). Para cada grupo foram selecionados doze animais. Após a eutanásia dos animais, foi feita a dissecação e pesagem do coração. A massa do coração relativizada foi maior no CA ($4,7 \pm 0,2$ mg/g) comparado ao CM ($3,6 \pm 0,06$ mg/g) e CB ($3,5 \pm 0,08$ mg/g). Houve correlação positiva entre a massa do coração relativizada e o TE_{max} ($p < 0,001$). Assim, podemos concluir que parâmetros cardiovasculares, como a massa do coração relativizada, podem ser fatores que contribuem para a diferença na capacidade intrínseca para o exercício físico.

Palavras-chave: Desempenho. Capacidade intrínseca. Massa do coração.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Massa corporal dos animais classificados como CB, CM e CA.í í í í	í ..22
--	--------

LISTA DE ABREVIATURAS

ANOVA	Análise de variância
AT1	Receptor de angiotensina
CM	Capacidade média
CB	Capacidade baixa
CA	Capacidade alta
Ca ⁺²	Íon cálcio
DC	Débito cardíaco
FC	Frequência cardíaca
g	Gramas
HCR	<i>High capacity runner</i>
IGF-I	Fator de crescimento a insulina
LCR	<i>Low capacity runner</i>
mA	Miliampere
PAs	Pressão arterial sistólica
PI3K	Fosfatidilinositol 3-cinase
s	Desvio padrão
TE _{máx}	Tempo de exercício máximo
TE _{médio}	média do tempo de exercício
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
VS	Volume sistólico
VO _{2max}	Consumo máximo de oxigênio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.	12
2.1	Objetivo....	17
2.2	Hipóteses	17
3	MATERIAIS E MÉTODOS.	18
3.1	Análise Estatística	21
4	RESULTADOS...	22
5	DISCUSSÃO..	25
6	CONCLUSÃO.	28
	REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

O coração é um dos órgãos vitais do nosso corpo. Ele é responsável pelo bombeamento de sangue. E o sangue leva oxigênio e nutrientes para todas as células do nosso organismo. Daí, então, a importância de se manter saudável. (http://www.brasil.gov.br/saude/2010). Diante de tal afirmativa, nota-se a gravidade do dado mundial, em que a cada ano 17,3 milhões de pessoas morrem vítimas de doenças cardiovasculares, sendo o sedentarismo um dos fatores que contribuem para esses números (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2013). Carvalho *et al.* (1996) afirmam que a saúde e a qualidade de vida do homem podem ser preservadas e aprimoradas pela prática regular de atividade física que é imprescindível para a manutenção da saúde, e proteção do sistema cardiovascular.

Estudos revelam que durante o exercício físico agudo, várias adaptações fisiológicas no sistema cardiovascular são necessárias para suprir as novas demandas energéticas (BRUM *et al.*, 2004). Além disso, também tem sido observadas adaptações nesse sistema em decorrência do treinamento físico e a influência da variação genética no seu funcionamento. Tais variações genéticas têm sido associada com a capacidade intrínseca para realizar o exercício físico (OSMAN *et al.*, 2001). Por exemplo, animais com alto desempenho intrínseco para o exercício físico apresentam adaptações benéficas no sistema cardiovascular, tais como maior débito cardíaco (OSMAN *et al.*, 2001) e maior transiente de cálcio (PRÍMOLA-GOMES *et al.*, 2009).

Diante dos fatos expostos acima, nota-se a importância do entendimento da relação entre variabilidade intrínseca para o exercício físico e o funcionamento cardiovascular.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O desempenho físico trata-se de um fenômeno multifatorial que envolve o sistema nervoso central e sistemas periféricos (RODRIGUES; SILAMI-GARCIA, 2008).

Dentre os sistemas periféricos relacionados com a capacidade de realizar o exercício físico, destaca-se o sistema cardiovascular, que tem como função o transporte de nutrientes e gases respiratórios para todo o organismo. Além disso, o sistema cardiovascular participa da manutenção da homeostasia corporal durante o exercício físico por contribuir para a dissipação de calor, retirar metabólitos da musculatura ativa, no transporte de oxigênio para geração de ATP, dentre outros (MCARDLLE *et al.*, 2003).

A literatura tem demonstrado que o sistema cardiovascular modula e é modulado pelo exercício físico (BRUM *et al.*, 2004). Destacam-se abaixo algumas variáveis desse sistema que respondem ao exercício (MAGALHÃES *et al.*, 2008; BRUM *et al.*, 2004; FORJAZ *et al.*, 2000; PATIL *et al.*, 1993):

- 1) Pressão arterial sistólica (PAs): que representa a força do fluxo sanguíneo gerada através da árvore vascular, influenciada pela complacência e diâmetro dos vasos, força de contração do miocárdio e volume de ejeção. Seus valores variam de acordo com a intensidade e tipo do exercício.
- 2) Frequência Cardíaca (FC): são os batimentos cardíacos por unidade de tempo. A FC responde principalmente a intensidade relativa do exercício físico. Além disso, em indivíduos treinados há redução dos valores de repouso da FC com manutenção do débito cardíaco devido ao aumento no volume sistólico. Essa bradicardia parece ser devido ao aumento do tônus vagal cardíaco. Em resposta ao treinamento também observa-se menor resposta taquicárdica durante a execução de exercícios em uma mesma intensidade absoluta (BRUM *et al.*, 2004).
- 3) Volume Sistólico (VS): volume de sangue ejetado durante a sístole ventricular. O VS representa a diferença entre o volume no ventrículo antes da ejeção e o volume restante após a ejeção. No exercício agudo, nota-se aumento do VS

devido ao mecanismo de Frank-Starling e aumento da atividade simpática para o coração. Em resposta ao treinamento, também tem sido demonstrado um aumento do VS de repouso e máximo.

- 4) Débito Cardíaco (DC): expressa a quantidade de sangue bombeado pelo coração durante o período de 1 minuto, depende do volume de sangue ejetado em um batimento e o número de batimentos por minuto. Durante atividade física há aumento dos valores de DC devido a maior demanda metabólica. Já o treinamento físico resulta em maiores valores de débito cardíaco máximo, devido ao aumento do volume sistólico máximo.

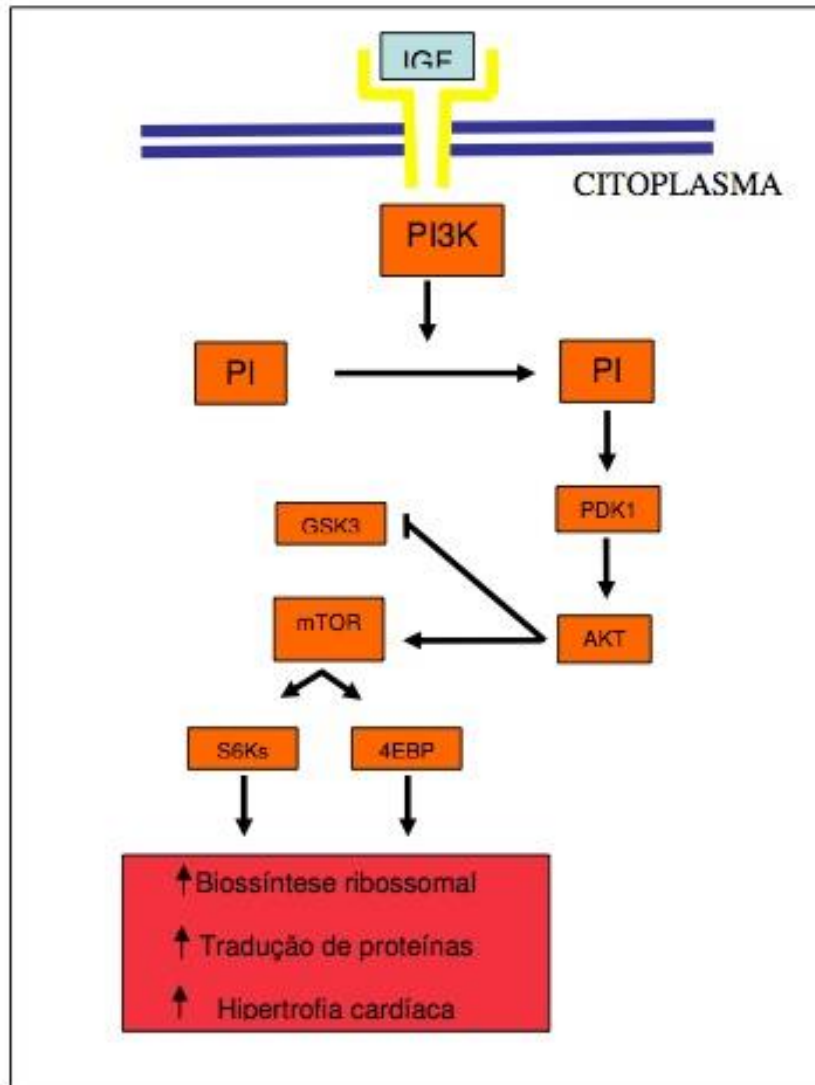
Além das variáveis descritas acima, a massa do coração também é um dos fatores que está relacionado ao funcionamento do sistema cardiovascular. Em resposta ao exercício físico ou patologias tem sido observado aumento na massa do coração, o que pode ser decorrente da hipertrofia do órgão (GHORAYEB *et al.*, 2005). Em ambas situações podem ocorrer aumento de volume dos cardiomiócitos ou aumento dos componentes, como fibroblastos, fibras colágenas e células endoteliais. Os estímulos mecânicos geradores desse mecanismo estão associados à sobrecarga de pressão (aumento da pós-carga), condição observada em patologias como a hipertensão, e à sobrecarga de volume (aumento da pré-carga), condição observada durante a prática de atividade física com o aumento do débito cardíaco (MILL; VASALLO, 2001). A hipertrofia cardíaca pode ocorrer por dois processos distintos: adição de sarcomêros em paralelo, em que há aumento da parede dos miócitos e redução do diâmetro cavitário; ou pela adição de sarcômeros em série, com conseqüente aumento do comprimento pelo aumento do número de miofibrilas com manutenção ou aumento no diâmetro cavitário (MAGALHÃES *et al.*, 2008).

A hipertrofia cardíaca associada ao exercício físico é conhecida pela via do receptor de tirosina quinase, ao qual se liga ao fator de crescimento semelhante a insulina (IGF-I) ativando fosfatidilinositol 3-cinase (PI3K) que ativa a via da AKT-mtor, aumentando a síntese protéica (FIGURA 1). Ocorre o aumento na massa do coração com manutenção e/ou melhora da função cardíaca, sendo que as mudanças estruturais são dependentes da natureza, duração e intensidade do exercício (MAGALHÃES *et al.*, 2008). Em estudo prévio a partir da comparação entre atletas e não atletas (controle) foi

observado que as médias do diâmetro do átrio e do ventrículo esquerdo, as espessuras do septo interventricular foram significativamente maiores no grupo dos atletas. Especificamente para a massa do ventrículo esquerdo, observou-se para o coração dos atletas valores de 126g/m² enquanto no grupo controle foi de 70g/m² (GHORAYEB *et al.*, 2005).

Há alguns genótipos que se relacionam a hipertrofia cardíaca. Por exemplo, animais que superexpressam os componentes do sistema renina-angiotensina, como a enzima conversora de angiotensina, angiotensinogênio ou receptor AT1, apresentam hipertrofia cardíaca (MILL; VASALLO, 2001). Nota-se portanto que fatores genéticos e ambientais são responsáveis pelas alterações no sistema cardiovascular.

FIGURA 1: Esquema ilustrando a principal via de sinalização intracelular envolvendo a hipertrofia cardíaca fisiológica



Retirada de MAGALHÃES *et al.*, 2008.

Também tem sido demonstrado que a divergência na capacidade intrínseca para o exercício está associada com diferenças genóticas no sistema cardiovascular. Para a realização dessas investigações têm-se utilizado duas castas de animais criadas através de manipulação genética para divergirem no desempenho físico (HCR ó *high capacity runner* e LCR ó *low capacity runner*) (KOCH *et al.*, 2001). Nesses animais já foram observadas diferenças no desempenho cardíaco, tamanho do coração, débito cardíaco e volume sistólico (HUSSAIN *et al.*, 2001; GONZALES *et al.*, 2006).

Com intuito de investigar a relação entre sistema cardiovascular e a capacidade intrínseca para o exercício físico, Primola-Gomes *et al.* (2009) submeteram 180 ratos, entretanto sem manipulação genética, a um protocolo de testes progressivos de corrida na esteira. Na sequência os animais foram classificados em alta e média capacidade para a corrida. Nesse estudo ficou demonstrado que animais com alta capacidade intrínseca para o exercício físico apresentam maior tempo total de exercício até a fadiga, maior capacidade aeróbia (VO_{2max}), maior transiente de Ca^{+2} , maior amplitude de contração celular, maior velocidade de contração e maior velocidade máxima de relaxamento nos cardiomiócitos.

Baseado nas evidências acima, nota-se a importância de se investigar a relação entre variáveis cardiovasculares e a variabilidade intrínseca para a corrida. Assim, visando contribuir para o conhecimento acerca do assunto, o objetivo do presente estudo foi comparar a massa do coração entre os animais com diferentes capacidades intrínsecas para o exercício físico. Tal resultado seria um indicativo de hipertrofia cardíaca, dado suporte para futuras investigações.

Este estudo complementa os dados da massa do coração presente no trabalho de Primola-Gomes *et al.* (2009) uma vez que acrescenta na investigação um grupo de animais com baixa capacidade intrínseca para a corrida.

2.1 Objetivo

Investigar se animais com diferenças na capacidade intrínseca para o exercício físico possuem diferenças na massa do coração.

2.2 Hipóteses

H0 - Animais com diferentes capacidades intrínsecas para a corrida não apresentam diferenças na massa do coração.

H1 - Animais com diferentes capacidades intrínsecas para a corrida apresentam diferenças na massa do coração.

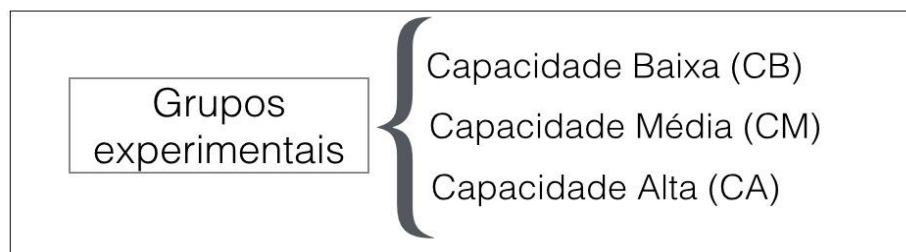
3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados do presente estudo foram coletados durante a realização de um projeto de mestrado. Para a realização de todo o experimento, o projeto de mestrado supracitado foi submetido à aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) (protocolo 061/2011) e do Colegiado de Pós-Graduação da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG.

Para o grupo amostral foram utilizados ratos da linhagem *Wistar*, os quais eram fornecidos pelo Centro de Bioterismo do Instituto de Ciências Biológicas da UFMG. Ao chegarem ao laboratório os animais eram colocados em gaiolas coletivas com livre acesso à ração granulada (Labina) e água, e ficavam sob um ciclo claro-escuro de 14/10h e temperatura ambiente controlada em 24 ± 2 °C.

A variável utilizada para a classificação dos animais em relação à capacidade intrínseca para o exercício físico foi o tempo de exercício máximo obtido em um protocolo de testes progressivos ($TE_{máx}$), a partir dessa variável, os animais foram divididos em 3 grupos experimentais, representados na figura 2.

FIGURA 2: Grupos experimentais

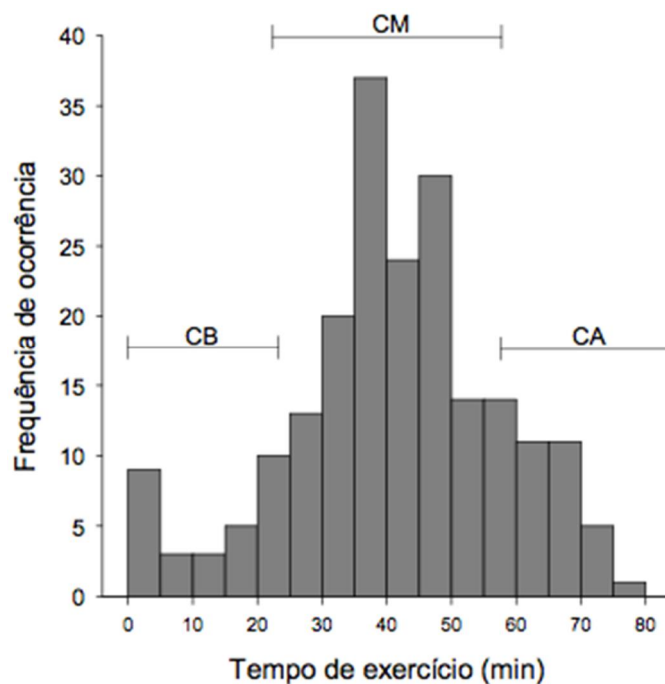


n= 12 animais em cada grupo.

Na primeira semana do protocolo experimental, os animais foram familiarizados ao exercício em esteira rolante para animais de pequeno porte. Durante cinco dias

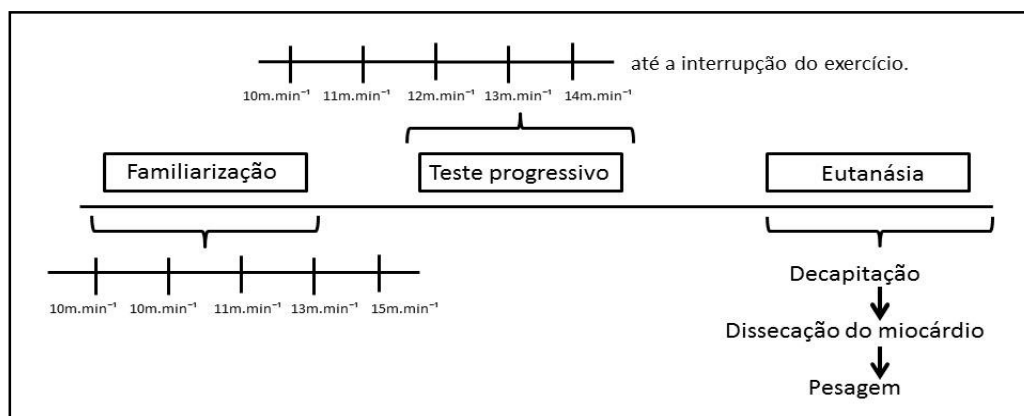
consecutivos, os animais permaneceram cinco minutos em repouso na esteira seguidos de cinco minutos de exercício, com aumentos gradativos na velocidade: 10, 10, 11, 13 e 15 m.min⁻¹ (PRIMOLA-GOMES *et al.*, 2009). A esteira foi mantida com 5° de inclinação e foi aplicado um estímulo elétrico, localizado na parte posterior da esteira, de 0,5 mA. O protocolo de familiarização teve como objetivo ensinar os animais a correr e eliminar aqueles que não conseguiam realizar o exercício. Na segunda semana os animais foram submetidos ao protocolo de três testes de esforço progressivo, e entre cada teste foi dado um intervalo de 48 horas para a recuperação física. Em cada teste progressivo os animais iniciavam o exercício a uma velocidade 10 m.min⁻¹ com aumentos progressivos de 1 m.min⁻¹ a cada três minutos e a inclinação da esteira sempre mantida em 5° (PRIMOLA-GOMES *et al.*, 2009). Como critério para a interrupção do exercício foi adotado a permanência dos animais por dez segundos sobre a grade de estímulo elétrico (SOARES *et al.*, 2007). Obtidos os resultados dos três testes, foi construído um histograma de frequência de ocorrência do melhor TE (TE_{max}) de cada animal (FIGURA 3). A amostra utilizada foi constituída de 210 animais. A média do TE_{max} de todos os animais (TE_{médio}) foi de 41,0 min e o desvio padrão (s)= 16,1 min. Os animais, portanto, foram classificados como: capacidade-média (CM), que obtiveram um TE_{max} maior que o TE_{médio} menos um s e menor que o TE_{médio} mais um s (TE_{max} entre 24,9 e 57,1 min); capacidade-baixa (CB), que obtiveram um TE_{max} inferior ao TE_{médio} menos um s (TE_{max} < 24,9 min); e capacidade-alta (CA), que obtiveram um TE_{max} superior ao TE_{médio} mais um s (TE_{max} > 57,1 min) (FIGURA 3). Para cada grupo foram selecionados doze animais.

FIGURA 3: Histograma de distribuição de frequência de ocorrência (n = 210). Tempo de exercício: $41,0 \pm 16,1$ min. Capacidade-baixa (CB): $TE_{max} < 24,9$ min (14,2 %); Capacidade-média (CM): $TE_{max} > 24,9$ e $< 57,10$ min (68,1 %); Capacidade-alta (CA): $TE > 57,1$ min (17,6 %).



Após a seleção, os animais permaneceram no bióterio por um período de aproximadamente 3 semanas. Sem nenhum estímulo prévio, os animais foram retirados do biotério, pesados e eutanasiados por decapitação. Na sequência, foi feita a dissecação do coração e o registro de sua massa, com o auxílio da balança analítica de alta precisão (Mettler Toledo, AL204). Para cada rato, a massa do coração foi relativizada pela sua massa corporal. O delineamento experimental de todo o estudo está demonstrado na figura 4.

FIGURA 4: Delineamento experimental.

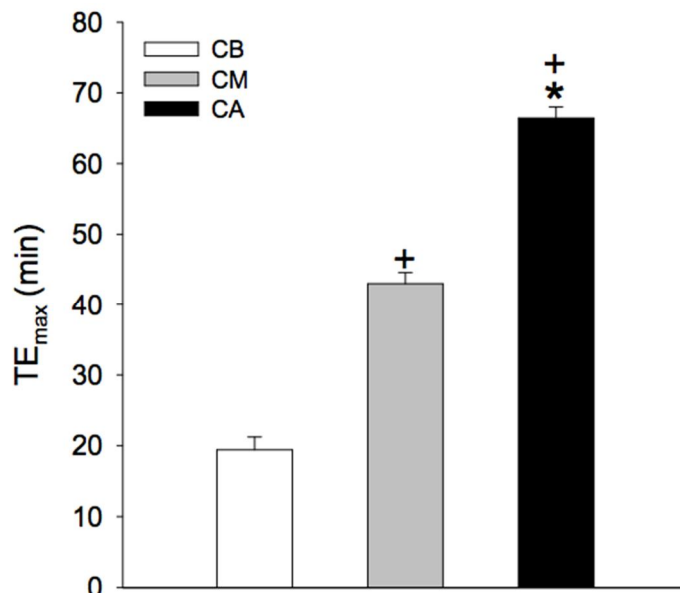


3.1 Análise estatística

Para a verificação da normalidade e homocedasticidade dos dados foram utilizados os testes de Shapiro-Wilke e Levene, respectivamente. Para as análises do TE_{max} e da massa do coração relativizada foi utilizado ANOVA one-way, seguida por post-hoc adequado, quando necessário. Para avaliar a força de associação entre a massa do coração relativizada e o TE_{max} foi utilizada a correlação de Pearson, seguido por uma análise de regressão linear. O nível de significância adotado foi de $P < 0,05$ (SAMPAIO, 2007).

4 RESULTADOS

FIGURA 5: TE_{max} (min). * indica a diferença em relação à CM, + indica diferença em relação à CB. (n = 12 em cada grupo).



Os 210 animais submetidos aos testes progressivos de esforço foram classificados a partir do histograma de frequência de ocorrência (FIGURA 3) em CM representando 68,1% da população, CB representando 14,2% e CA representando 17,6% da população. A tabela 1 demonstra a massa corporal dos animais no dia da eutanásia. Não foram observadas diferenças entre os grupos ($P = 0,63$).

TABELA 1: Massa corporal dos animais classificados como CB, CM e CA

Grupo	Massa corporal
CB	$296,8 \pm 4,5$ g
CM	$303,9 \pm 6,4$ g
CA	$300,6 \pm 4,5$ g

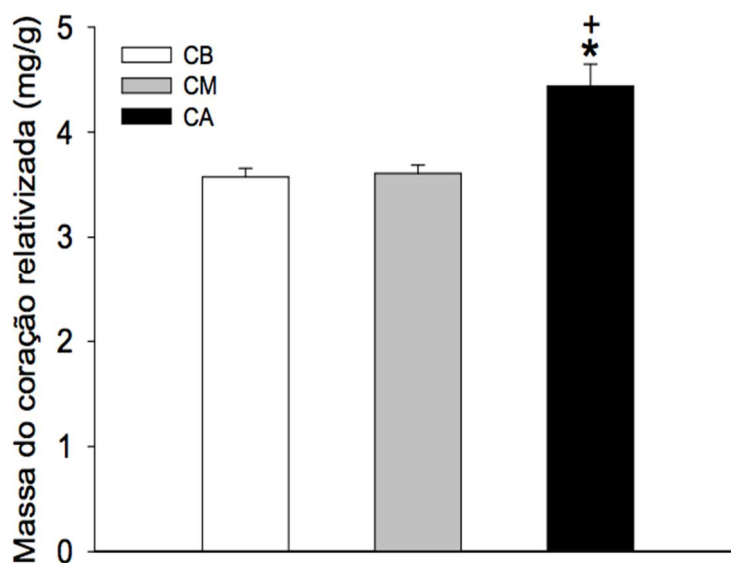
(n= 12 em cada grupo). Dados estão expressos como média \pm EPM.

Comparando o maior tempo de exercício entre os 3 testes progressivos (TE_{max}), obtidos pelos animais selecionados, foi observado que os animais de CA ($66,4 \pm 1,5$ min)

alcançaram maior tempo em relação aos animais de CM ($43,0 \pm 1,5$ min) e CB ($19,4 \pm 1,8$ min), para um $P < 0,001$. Os animais de CM exibiram maior TE_{max} comparados com o grupo CB, para um $P < 0,001$ (FIGURA 5).

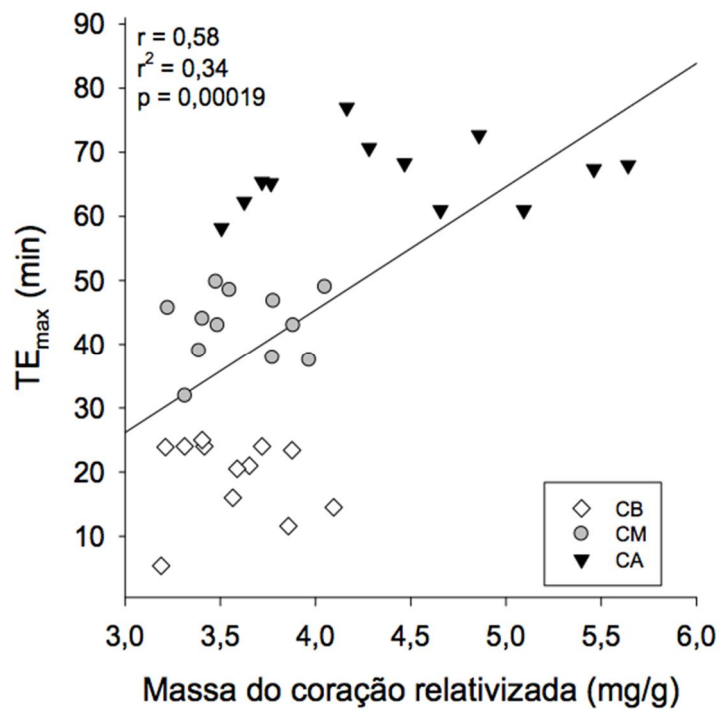
Na figura 6 estão demonstrados os dados da massa do coração (mg) relativizada pela massa corporal (g) para cada grupo experimental. Para um $P < 0,001$ foi observado que o grupo CA ($4,7 \pm 0,2$ mg/g) apresentou maior massa do coração relativizada quando comparado com os animais de CM ($3,6 \pm 0,06$ mg/g) e CB ($3,5 \pm 0,08$ mg/g).

FIGURA 6: Massa do coração relativizada (mg/g). * indica a diferença em relação à CM, + indica diferença em relação à CB (n=12 em cada grupo).



Além disso, observou-se que a massa do coração relativizada apresenta uma correlação moderada e positiva com o TE_{max} alcançado pelos animais ($r = 0,58$) (FIGURA 7).

FIGURA 7: Correlação entre a massa coração relativizada (mg/g) e o TE_{max} (min). (n = 12 em cada grupo).



5 DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi verificar a massa do coração em animais com diferentes capacidades intrínsecas para o exercício físico. Os resultados encontrados revelaram que animais com melhor capacidade intrínseca para o exercício possuem maior massa do coração quando comparados aos grupos de baixa e média capacidade para a corrida. Tais resultado dialogam com o trabalho de Prímola-Gomes *et al.* (2009), que também encontraram diferenças no sistema cardiovascular nos animais com variabilidade intrínseca para a corrida. Os autores observaram que animais com alto desempenho possuem maior transiente de cálcio e maior amplitude de contração nos cardiomiócitos isolados em relação aos animais de capacidade média.

No presente estudo, também foi encontrada uma correlação positiva entre a massa do coração e o TE_{max} , corroborando com os dados de Prímola-Gomes *et al.* (2009), que também observaram uma correlação positiva entre o transiente de cálcio e o tempo de corrida na esteira. Ambas as características cardiovasculares podem ter contribuído para um maior desempenho na corrida.

No entanto, no trabalho de Prímola-Gomes *et al.* (2009) não foi encontrado diferença da massa do coração entre os grupos de animais. Uma das hipóteses para a discrepância em relação aos nossos resultados, especificamente para essa variável, é que o valor absoluto do tempo de exercício utilizado como critério para determinação dos grupos diferiu entre os 2 trabalhos. No estudo de Primola-Gomes *et al.* (2009), animais com um tempo de exercício superior a 46,6 min foram classificados com capacidade alta para a corrida, enquanto que neste estudo apenas animais com um tempo de corrida superior a 57,1 min foram classificados com alto desempenho. Assim, essa diferença inter-pesquisadores no valor absoluto do desempenho para a determinação do grupo de capacidade alta pode ter ocasionado em uma seleção diferenciada dos grupos.

Apesar de não ter sido avaliado as características celulares no coração, especula-se que a maior massa no coração encontrada no grupo CA indique uma hipertrofia cardíaca determinada geneticamente. O que poderia ser um fator benéfico para os animais

permanecerem na corrida por maior tempo, já que, a hipertrofia cardíaca poderia ocasionar maiores valores de VS, conseqüentemente de DC. O maior DC resultaria em disponibilidade de substratos energéticos e oxigênio além de uma retirada mais eficaz de metabólitos da musculatura ativa, dentre outras respostas fisiológicas. Todas essas respostas permitiriam aos animais se exercitarem por mais tempo e com maiores intensidades de corrida. No estudo de Swallow *et al.* (2010), foi observado uma maior massa do coração para os animais HCR em relação ao LCR. Outro estudo, também investigando parâmetros cardiovasculares demonstrou que os animais HCR possuem maiores valores de DC no basal, uma diferença de 49% em relação ao LCR, e melhor desempenho do coração isolado durante uma situação de recuperação após um evento isquêmico. Esse melhor desempenho na recuperação foi evidenciado pelo maior DC nos animais HCR, observadas nesse período, sendo o volume sistólico responsável por essas diferenças, já que a frequência cardíaca foi similar entre os grupos (OSMAR *et al.*, 2001).

Para os resultados do tempo de exercício, observamos uma diferença superior a 200% entre o grupo de alta capacidade comparado com o de baixa capacidade. Diferenças próximas tem sido demonstradas entre os animais selecionados geneticamente (HCR x LCR) que apresentaram uma diferença de 114% no desempenho na 3ª geração (OSMAN *et al.*, 2001) e 347% na 11ª geração (KOCH *et al.*, 2001).

Ressaltamos a necessidade de futuros experimentos que auxiliem na compreensão sobre o sistema cardiovascular em animais com diferenças nas capacidades físicas intrínsecas para o exercício físico. No presente estudo nossas hipóteses se basearam apenas na massa do coração, uma caracterização limitada para compreensão da influência desse órgão sobre o desempenho dos animais para corrida na esteira. Como sugestões para futuros experimentos, destacamos a necessidade de se investigar o tamanho das cavidades do coração, assim como o efeito das diferenças nesses parâmetros estruturais no funcionamento do sistema cardiovascular em animais que apresentam variabilidade intrínseca no desempenho.

6 CONCLUSÃO

A partir dos resultados encontrados, concluimos que a diferença na massa do coração pode ser um fator que contribui para a diferença na capacidade intrínseca para o exercício. Ressaltamos a necessidade de novos estudos para complementação dos dados.

REFERÊNCIAS

- BRUM, P. *et al.* Adaptações agudas e crônicas do exercício físico no sistema cardiovascular. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v. 18, p. 21-31, ago. 2004.
- CARVALHO, T. *et al.* Posição oficial da Sociedade Brasileira de Medicina do Esporte: atividade física e saúde. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 2.4, p. 79-81, 1996.
- FORJAZ, C. L. M., *et al.* Factors affecting post-exercise hypotension in normotensive and hypertensive humans. **Blood pressure monitoring**, v.5, n. 5-6, p. 255-262, 2000.
- GHORAYEB, N. *et al.* Hipertrofia ventricular esquerda do atleta. Resposta adaptativa fisiológica do coração. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, São Paulo, v. 85, p. 191-197, mar. 2005.
- GONZALEZ, N. C. *et al.* Continued divergence in VO₂max of rats artificially selected for running endurance is mediated by greater convective blood O₂ delivery. **Journal of Applied Physiology**, v. 101, n. 5, p. 1288-1296, 2006.
- HOYDAL, M. *et al.* High inborn aerobic capacity does not protect the heart following myocardial infarction. **Journal of Applied Physiology**, Glasgow, v. 115, p.1788-1795, oct. 2013.
- HUSSAIN, S. O. *et al.* Cardiac function in rats selectively bred for low- and high-capacity running. **American Journal of Physiology Regulatory, Integrative Comparative Physiology**, v. 281, n. 6, p. R1787-R1791, 2001.
- KOCH, L.; BRITTON, S. Artificial selection for intrinsic aerobic endurance running capacity in rats. **Physiological Genomics**. Ohio, v.5, p. 45-52, jan. 2001.
- MAGALHÃES, F. *et al.* Hipertrofia cardíaca induzida pelo treinamento físico: eventos moleculares e celulares que modificam o fenótipo. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**. São Paulo, v. 7, p.189-193, 2008.
- MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do Exercício**. Energia, nutrição e desempenho humano. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. 1113 p.
- MILL; VASSALLO. Hipertrofia Cardíaca. **Revista Brasileira Hipertenso**. Vitória, v. 8, p. 63-75, mar. 2001.
- OSMAN, S. *et al.* Cardiac function in rats selectively bred for low and high-capacity running. **The American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, Ohio, v. 218, p. R1787-R1791, aug. 2001.
- PATIL, R. D. *et al.* Integrated cardiovascular physiology: a laboratory exercise. **The American journal of physiology**, v. 265, n. 6, p. S20-31, 1993.

PRÍMOLA-GOMES, T. *et al.* Exercise capacity is related to calcium transients in ventricular cardiomyocytes. **Journal of Applied Physiology**, Brasil, v. 107, p. 593-598, may 2009.

RODRIGUES, L. O. C.; SILAMI-GARCIA, E. Fadiga: falha ou mecanismo de proteção? **Temas atuais em educação física**, v. 4, p. 36-48, 1998.

SAMPAIO, I. B. M. **Estatística aplicada à experimentação animal**. 3 ed. Belo Horizonte: Fundação de Estudo e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 2007.

SOARES, D. D. *et al.* Tryptophan-induced central fatigue in exercising rats is related to serotonin content in preoptic area. **Neuroscience Letters**, v. 415, n. 3, p. 274, 278, 2007.

SWALLOW, J. *et al.* Phenotypic and voluntary plasticity of body composition in rats selectively bred for high endurance capacity. **Journal of Applied Physiology**, Michigan, v. 109, p. 778-785, June 2010.