

Treinamento aquático em longo prazo desencadeia alterações elétricas positivas e outros parâmetros em ratas adultas

Long-term aquatic training triggers positive electrical alterations and other parameters in adult female rats

El entrenamiento acuático en largo plazo produce alteraciones eléctricas positivas y otros parámetros en ratas adultas

Ana Claudia Petrini¹, Vitor Alexandre Pezolato¹, Douglas Massoni Ramos², Carlos Alberto da Silva^{1,2}, Adriana Pertille^{1,2}

RESUMO | A proposta deste estudo foi avaliar as alterações elétricas cardíacas e os efeitos sobre a massa corporal, consumo hídrico e alimentar, além do peso relativo de órgãos de ratas adultas submetidas a um treinamento de natação em longo prazo. Utilizou-se ratas Wistar adultas, saudáveis e divididas em grupos de n=10, sendo S (sedentárias) e TR (treinadas), que realizaram treinamento aquático de sessenta minutos, três vezes na semana, por 16 semanas. Foram avaliados o peso corporal (P), o consumo hídrico e alimentar, a frequência cardíaca (FC), ângulo do miocárdio (SÂQRS), os intervalos QRS, QTc e PR e o peso relativo dos glândulas adrenais, coração, baço e rins. Para análise estatística, utilizou-se o pacote estatístico SPSS versão 17.0; a distribuição dos dados foi verificada pelo teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov. Para os dados com distribuição paramétrica, foi utilizado o teste T de Student, para amostras independentes, e aos dados com distribuição não paramétrica, foi aplicado o teste Mann-Whitney (p<0,05). As ratas do grupo TR apresentaram maior consumo hídrico e alimentar, entretanto, a massa corporal foi semelhante entre os grupos TR e S. O grupo TR apresentou alterações elétricas na FC, ângulo do miocárdio (SÂQRS), onda S e T, demonstrando significativa bradicardia em repouso e possível hipertrofia cardíaca, além da diferença encontrada no peso relativo do baço e dos rins. O protocolo de treinamento utilizado para as ratas adultas favoreceu as alterações elétricas

positivas do coração, resultando em bradicardia durante repouso e melhora no condicionamento cardiovascular.

Descritores | Exercício; Natação/estatística e dados numéricos; Frequência Cardíaca; Ratos Wistar; Adaptação.

ABSTRACT | The purpose of this study was to assess cardiac electrical alterations and effects on body weight, water and food consumption, and relative weight of organs of adult female rats submitted to long-term swimming training. We used adult Wistar female rats, healthy, divided into n=10 groups, groups S (sedentary) and TR (trained), which had aquatic training for sixty minutes, three times a week, for 16 weeks. We evaluated body weight (W), water and food consumption, heart rate (HR), myocardial angle (SAQRS), intervals QRS, QTc, and PR, and relative weight of adrenal glands, heart, spleen, and kidneys. For statistical analysis, we used the statistical package "SPSS version 17.0"; data distribution was verified by the Kolmogorov-Smirnov normality test. For data with parametric distribution, we used *student's t* test for independent samples, while for data with nonparametric distribution we applied *Mann-Whitney* test (p<0.05). Rats from group TR had higher water and food consumption; however, body weight was similar between groups TR and S. Group TR had electrical alterations in HR, myocardial angle (SAQRS), S and T wave, demonstrating significant bradycardia at rest and possible cardiac hypertrophy, in

Estudo desenvolvido na Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP) – Piracicaba (SP), Brasil.

¹Programa de Pós-graduação em Fisioterapia, Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP) – Piracicaba (SP), Brasil.

²Programa de Pós-graduação em Ciências do Movimento Humano, Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP) – Piracicaba (SP), Brasil.

Endereço para correspondência: Profa. Dra. Adriana Pertille – Rodovia do Açúcar, 7000 – CEP: 13423-170 – Piracicaba (SP), Brasil – E-mail: apertille@unimep.br – Apresentação: set. 2014 – Aceito para publicação: ago. 2015 – Financiamento: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq processo nº 477686/2011-7) – Apresentação: Parecer de aprovação CEUA UNIMEP nº 09/13.

addition to the difference found for relative weight of spleen and kidney. Training protocol used for adult female rats favored positive electrical changes in the heart, resulting in bradycardia during rest and improvement in cardiovascular fitness.

Keywords | Exercise; Swimming/statistics and numerical data; Heart Rate; Rats, Wistar; Adaptation.

RESUMEN | Este estudio tuvo el propósito de evaluar las alteraciones eléctricas cardíacas y los resultados sobre la masa corporal, consumo de agua y alimentos, además del peso relacionado a los órganos de las ratas adultas sometidas a un entrenamiento de natación en largo plazo. Se utilizó de ratas Wistar, adultas, saludables, divididas en grupos de n=10, siendo S (sedentarias) y E (entrenadas), las que realizaron el entrenamiento acuático de 60 minutos, tres veces por semana, durante 16 semanas. Se evaluaron el peso corporal (P), el consumo de agua y alimentos, la frecuencia cardíaca (FC), el ángulo del miocardio (SAQRS), los intervalos QRS, QTc y PR y el peso relacionado a las glándulas adrenales, al corazón,

al bazo y a los riñones. En el análisis estadístico se empleó el sistema estadístico SPSS versión 17.0; se evaluó la distribución de los datos a través del test de normalidad *Kolmogorov-Smirnov*. En los datos con distribución paramétrica se empleó el test *t Student*, en las muestras independientes y en los datos con distribución no paramétrica se aplicó el test *Mann-Whitney* ($p < 0,05$). Las ratas del grupo E presentaron un mayor consumo de agua y de alimentos, no obstante, la masa corporal fue semejante entre los grupos E y S. El grupo E presentó alteraciones eléctricas en la FC, en el ángulo del miocardio (SAQRS), ondas S y T, lo que muestra una bradicardia en reposo y una posible hipertrofia cardíaca, además de la diferencia encontrada en el peso del bazo y de los riñones. El protocolo de entrenamiento empleado en las ratas adultas les favoreció las alteraciones eléctricas positivas del corazón, resultando en bradicardia durante reposo y en una mejora de su condición cardiovascular.

Palabras clave | Ejercicio; Natación/estadística y datos numéricos; Frecuencia Cardíaca; Ratas Wistar; Adaptación.

INTRODUÇÃO

Alterações sistêmicas no organismo são observadas frente a diferentes estímulos, como em resposta a atividade física ou a condições naturais, como as que surgem durante o processo de envelhecimento¹.

O exercício físico antes e/ou durante o processo de envelhecimento induz a modificações nas capacidades metabólicas e na mobilidade física geral. À vista disso, é presumível que a prática regular de atividade física possa atenuar o processo degenerativo do envelhecimento², reduzindo e/ou prevenindo uma série de declínios funcionais^{3,4}.

Nos últimos anos, tem-se registrado considerável aumento na incidência da insuficiência cardíaca (IC) na população. O eletrocardiograma (ECG), um exame simples e reprodutível, contribui para o efetivo diagnóstico de distúrbios cardíacos, corroborando para o aumento da expectativa de vida geral⁵.

Sabe-se que, ao combater qualquer fator de risco de doenças cardiovasculares, diminui-se a possibilidade do desenvolvimento de problemas cardíacos, todavia, também é necessária a vascularização adequada do miocárdio⁶. Assim, o exercício físico regular tem impacto favorável sobre quase todos os fatores de risco, além de manter ou aumentar a oferta de sangue ao coração⁷.

Entretanto, para que o exercício físico seja eficiente na vida do indivíduo, o mesmo dependerá do tipo de exercício, da intensidade e da duração da atividade realizada⁸.

Exercícios físicos aeróbicos regulares são os principais responsáveis por modificações no sistema cardiovascular. A redução da frequência cardíaca e da pressão arterial corresponde aos principais parâmetros em que se evidenciam tais modificações^{9,10}.

O exercício físico de baixa intensidade tem um efeito significativo na redução da resistência vascular periférica, demarcado pela atenuação da vasoconstrição, ampliação da função endotelial e das alterações estruturais da microcirculação¹¹.

As adaptações sistêmicas estimuladas pelo treinamento físico regular envolvem, ainda, vários órgãos, como o coração, os rins, o baço, bem como as glândulas adrenais, que podem sofrer alterações no volume como indicativo da efetividade do exercício¹².

A maioria dos estudos encontrados na literatura direcionados à análise da eficácia do treinamento físico prévio frente a diferentes variáveis em animais utilizou o protocolo de exercício físico de natação, com sessenta minutos de duração ou mais e por cinco ou seis vezes na semana¹³⁻¹⁶. O presente estudo teve por objetivo analisar os efeitos cardiovasculares de um treinamento físico de

natação em longo prazo, sem carga e realizado apenas três vezes na semana em ratas adultas saudáveis e avaliar os efeitos desse tipo de treinamento sobre a massa corporal, o consumo hídrico e alimentar, além do peso relativo das glândulas adrenais, coração, baço e rins. Ao considerar as alterações sistêmicas providas da prática de exercício físico regular e, na tentativa de reproduzir a prática indicada segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) para pessoas adultas e idosas (18 a 64 anos), que corresponde à atividade física aeróbica, de intensidade moderada, ao menos 150 minutos durante a semana⁴, a hipótese do presente estudo é que o tipo de treinamento proposto pode apresentar modificações positivas nas variáveis cardíacas, identificáveis por meio do exame eletrocardiográfico.

METODOLOGIA

Estudo experimental com 20 ratas adultas da linhagem Wistar, saudáveis, com oito meses de idade, provenientes do Centro de Bioterismo da Universidade Metodista de Piracicaba e mantidas no Biotério da Faculdade de Ciências da Saúde (FACIS-UNIMEP), sob temperatura ambiente de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, submetidos a ciclo claro/escuro de 12h, com água e ração *ad libitum*. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da UNIMEP sob protocolo nº 09/13.

Os animais foram divididos aleatoriamente em dois grupos experimentais denominados grupo sedentária (S, n=10 animais) e grupo treinada (TR, n=10 animais).

Os animais do grupo S foram mantidos em gaiolas de polietileno de tamanho grande, sem realizar nenhum tipo de atividade, por um período de dezesseis semanas. Os animais do grupo TR foram submetidos ao exercício físico de natação, três vezes por semana, com duração de sessenta minutos e sem acréscimo de carga, durante o mesmo período de tempo. Ao final do experimento, as ratas adultas completaram doze meses de idade.

Protocolo de treinamento dos animais

Com base nas recomendações da OMS⁴, buscando uma proximidade com seres humanos, o protocolo de treinamento para ratas adultas no presente estudo obteve um acúmulo de 180 minutos semanais de atividade física (natação) divididos em três dias da semana intercalados e descanso de dois dias, sendo cada sessão com duração de sessenta minutos¹⁵.

Inicialmente, para adaptação ao meio aquático, os animais realizaram dez minutos de atividade, com acréscimo de cinco minutos por sessão, até totalizar os sessenta minutos^{15,17}.

O treinamento foi realizado em um aquário, de forma retangular, com 1 metro de comprimento e 45 cm de largura, com sistema de aquecimento térmico e de drenagem de água, para troca da mesma conforme necessário, que comportava 5 animais por sessão. A temperatura da água foi controlada por meio de um termômetro, a fim de mantê-la em $30\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, para minimizar o estresse associado com a exposição de água fria ou quente¹⁸.

Todas as sessões de treinamento foram realizadas no período vespertino e após o término do exercício, os animais foram secados com jato de ar quente e em seguida recolocados nas caixas¹⁷. Não houve perda amostral.

Análise eletrocardiográfica

Após o período de treinamento, os animais foram anestesiados com Pentobarbital sódico (40mg/Kg, ip) para a análise eletrocardiográfica. A escolha do anestésico foi embasada no contexto de que os barbitúricos não alteram o perfil elétrico cardiovascular¹⁹.

Os eletrodos foram conectados aos canais do eletrocardiógrafo (*Heart Ware System*) e registradas três derivações bipolares (DI, DII e DIII) e três derivações amplificadas (aVR, aVL e aVF), com sensibilidade N e velocidade de 50mm/segundo (Figura 1).

O intervalo QT foi medido em dez batimentos consecutivos, do início do complexo QRS ao ponto de retorno da onda T isoeletrica definido como segmento TP. O intervalo QT foi corrigido pela frequência cardíaca usando a fórmula de Bazett ($QT_c = QT / \sqrt{RR}$).

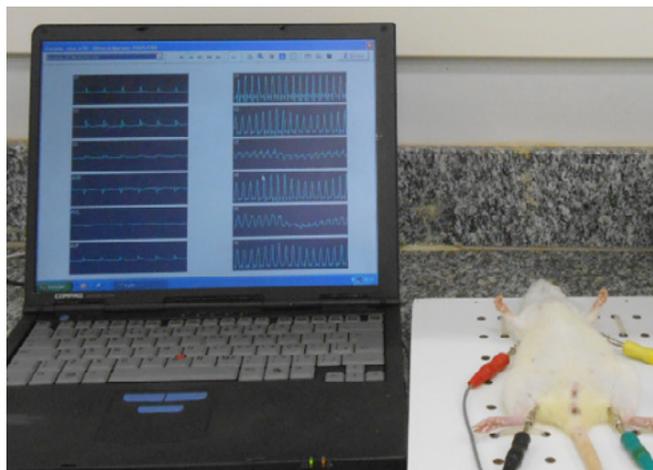




Figura 1. Representação do sistema *heartware* para captação do ECG e sinais eletrocardiográficos captados na derivação DII. Em A, apresenta-se o registro das ratas do grupo S, e em B, um complexo de ondas ampliadas. Em C, visualiza-se o sinal captado das ratas do grupo TR, e em D, observa-se um complexo de ondas ampliadas captadas delas.

Monitoramento da massa corporal e consumo de hídrico e alimentar

O peso da massa corporal dos animais foi acompanhado por meio de avaliações quinzenais, utilizando uma balança digital (GEHAKA, BG 1000). No grupo TR, a primeira pesagem foi realizada antes do início da primeira sessão de natação.

A cada três dias, cada caixa com 4 ratas recebia 450 gramas de ração e 700 ml de água. Ao final do terceiro dia, a ração restante era pesada (balança digital, GEHAKA, BG 1000), calculando o consumo alimentar proporcional por animal, e o controle hídrico calculado por meio de uma proveta, a fim de verificar o volume consumido em cada caixa.

Eutanásia dos animais

No dia seguinte à análise eletrocardiográfica, os animais foram anestesiados com injeção intraperitoneal de uma mistura de Ketalar® (50 mg/mL) e Rompun® (2 g/100mL), na proporção 1:1, na dose de 0,3 mL/100 g de massa corporal. Após sinais de anestesia geral, os seguintes órgãos foram retirados e pesados: glândulas adrenais, coração, baço e rins.

Para o cálculo do peso relativo dos órgãos dos animais seguiu-se o protocolo descrito por Lana, Paulino e Gonçalves¹³, no qual se dividiu o peso de cada órgão (em gramas) pelo peso corporal de cada animal no dia da coleta, e multiplicou-se o valor obtido por 100. Dessa forma, o resultado foi expresso em gramas/100 gramas de peso vivo (g/100g p.v)

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados coletados foram tabulados e posteriormente analisados com auxílio do pacote estatístico *SPSS versão 17.0*. A análise estatística foi procedida pela aplicação do teste *Kolmogorov-Smirnov* (KS) para verificação da normalidade dos dados. Assim sendo, para as comparações entre os grupos, o teste *T de Student* para amostra independente foi aplicado aos dados com distribuição paramétrica e o teste de *Mann-Whitney* aplicado aos dados com distribuição não paramétrica. Em todos os casos foi adotado um valor de $p < 0,05$ para significância estatística.

RESULTADOS

Na comparação da média de consumo diário de ração e água por animal, realizada por meio do teste estatístico não paramétrico *Mann-Whitney*, observou-se que o valor foi significativamente maior ($p = 0,002$ e $p = 0,045$) no grupo TR ($21 \pm 2,9$ g / $45,3 \pm 6,5$ mL) quando comparado ao grupo S ($17,3 \pm 2,1$ g / $40,2 \pm 8$ mL).

Entretanto, como observado na Figura 2, a massa corporal final dos animais foi similar entre os grupos estudados (teste paramétrico *T de Student*; $p > 0,05$).

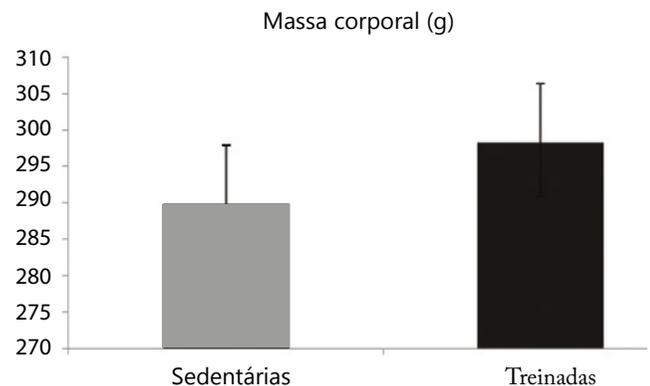


Figura 2. Massa corporal (g) das ratas nos grupos estudados. Os valores correspondem à média \pm dp, $n = 10$

No peso relativo dos órgãos, a comparação entre os grupos por meio do teste paramétrico *T de Student* apontou aumento estatisticamente significativo ($p < 0,05$) nos rins e no baço das ratas submetidas ao treinamento quando comparado ao grupo sedentário. O peso das glândulas adrenais e do coração foi semelhante entre os grupos (Figura 3).

W

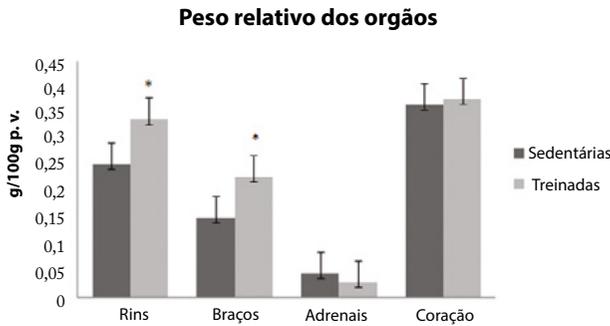


Figura 3. Peso relativo dos órgãos das ratas nos grupos estudados. Os valores correspondem à média ± dp, n=10. *p<0,05 difere do grupo S

Iniciou-se a análise eletrocardiográfica com a frequência cardíaca, seguindo a regra da diferença entre o pico de duas ondas R consecutivas. O teste paramétrico *T* de *Student* foi aplicado e foram observados valores médios estatisticamente significativos: 15% menores no grupo TR (Tabela 1).

No que diz respeito, aos resultados obtidos do ângulo do coração (SÂQRS), foi verificado que as ratas do grupo TR apresentaram ângulo estatisticamente significativo maior (teste paramétrico *T* de *Student*, p<0,05), com aproximadamente 50,6° de diferença entre as ratas do grupo S, sendo esse considerado um coração mais verticalizado (Tabela 1).

Nos valores do intervalo QTc, que corresponde ao tempo necessário para realizar a repolarização do miocárdio, não foram observadas diferenças estatísticas significativas (teste paramétrico *T* de *Student*), embora, neste caso, o grupo TR tenha apresentado intervalo 22,37% menor em relação ao grupo S, como demonstra a tabela 1.

Nos dados com distribuição não paramétrica, intervalo IPR (ms) e seguimento SPR (ms), o teste de *Mann-Whitney* demonstrou que não houve diferenças estatísticas significativas entre os grupos.

Tabela 1. Frequência cardíaca (FC, bat/min), ângulo do miocárdio (SÂQRS) e parâmetros dos intervalos e segmentos das ondas eletrocardiográficas (ms) de ratas sedentárias (S) e treinadas (TR). Os valores estão expressos em média ± dp, n=10. *p<0,05 difere do grupo S

	FC (bat/min)	SÂQRS	QTc (ms)	QRS (ms)	IPR (ms)	SPR (ms)
S	324,50±7,4	23,2±6,4	143,25±9,8	45,7±0,7	37,7±1,1	11,1±0,5
TR	275,58±9,0*	73,8±5,7*	111,20±8,6	47,1±1,1	38,3±1,5	12,4±1,4

Ainda, o teste paramétrico *T* de *Student* demonstrou diferenças estatísticas significativas na amplitude da onda R, que corresponde à ativação ventricular, e da onda S, que corresponde à primeira deflexão negativa durante a despolarização ventricular, verificou-se que a voltagem da onda R foi 94% maior e a onda S obteve um aumento de 15% em decorrência do treinamento (Figura 4).

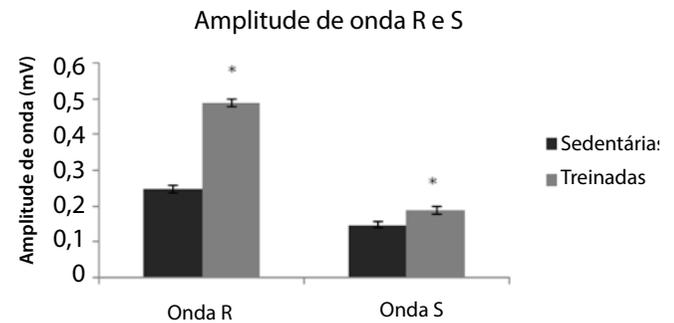


Figura 4. Amplitude da onda R e S(mV) dos grupos estudados. Os valores correspondem à média ± dp, n=10. *p<0,05 difere do grupo S

DISCUSSÃO

O treinamento de natação em longo prazo, sem carga, três vezes por semana, favoreceu a bradicardia em repouso, verticalização do coração, aumento da amplitude das ondas R e S, proporcionando um condicionamento cardiovascular.

Além disso, observou-se que as ratas treinadas consumiram maior volume de ração e água, entretanto não aumentaram o peso corporal. O treinamento três vezes por semana também favoreceu o aumento da massa dos rins e baço.

No que tange ao peso da massa corporal dos animais, o fato de não haver diferenças estatisticamente significativas entre os grupos avaliados corrobora com outros estudos¹²⁻¹⁶, que não observaram diferenças entre o peso da massa corporal de animais treinados por meio do exercício de natação cinco vezes por semana.

Dentre os principais parâmetros cardiovasculares que sofrem alterações frente ao exercício físico aeróbico está a redução da frequência cardíaca em repouso, demonstrada no coração hipertrofiado de ratos treinados^{10,13}.

A frequência cardíaca esperada de ratos sedentários é de aproximadamente 344 bpm²⁰. Os resultados do presente estudo mostram que o grupo S segue o padrão

esperado, enquanto o grupo TR apresentou uma diminuição média de 15%, ou 48 bpm.

Dessa forma, adaptações anatômicas cardiovasculares benéficas foram observadas, fazendo com que as ratas submetidas ao treinamento tivessem bradicardia em repouso, corroborando com os resultados do estudo de Cardinot et al.²¹ que avaliaram o comportamento da pressão arterial e frequência cardíaca em camundongos submetidos ao treinamento físico aeróbico preventivo.

Medeiros et al.¹³ em estudo realizado com animais treinados por meio da natação, com sessões de sessenta minutos, cinco vezes por semana, durante oito semanas, enfatizam que a bradicardia em repouso é considerada um eficiente marcador do efeito do treinamento físico aeróbico, e que a natação representa um tipo de treinamento eficaz nas adaptações do sistema cardiovascular, considerando o treinamento físico em ratos um bom modelo experimental para se estudar tais adaptações.

A fim de observar se ocorreu a hipertrofia ventricular esquerda, os dados do presente estudo estão de acordo com a pesquisa descrita na literatura²¹, relatando que ventrículos esquerdos hipertrofiados apresentam um aumento na amplitude da onda R, que demonstra a despolarização ventricular.

Embora os indicativos de hipertrofia cardíaca tenham sido observados nos resultados do ECG do presente estudo, não houve diferença estatística significativa no peso relativo do coração.

A elevação de voltagem da onda R pode ser justificada pela angulação do coração, uma vez que o grupo TR apresenta-o mais verticalizado, aumentando a amplitude da onda R na variação D2²². Pressupõe-se que essa verticalização seja decorrente da hipertrofia do ventrículo esquerdo, a fim do coração se adaptar anatomicamente às estruturas ao seu redor. Uma vez que as dimensões internas do ventrículo esquerdo aumentam uniformemente pela sobrecarga do exercício, ocorre um aumento da cavidade que, posteriormente, é acompanhada da hipertrofia no miocárdio do ventrículo esquerdo²³.

A onda S é pouco descrita em estudos experimentais, porém, em humanos, o aumento de voltagem pode ser um sinal de hipertrofia ventricular esquerda²³. Dessa forma, o aumento de sua amplitude nas ratas treinadas em longo prazo sugere uma alta demanda elétrica, a fim de despolarizar um ventrículo hipertrofiado.

Um menor intervalo do QTc indica uma repolarização curta ou precoce²⁴. Assim, a diminuição, embora não significativa estatisticamente, do intervalo

QTc (intervalo QT corrigido pela fórmula de Bazett) no grupo TR é considerado um dado relevante no presente estudo. Uma vez que o intervalo QRS entre os grupos é semelhante, é possível inferir que houve uma adaptação elétrica para suportar a carga do exercício, realizando o início da repolarização do miocárdio de maneira precoce.

No que concerne ao efeito do exercício físico regular como forma de prevenção de doenças cardiovasculares, por exemplo, no infarto agudo do miocárdio, há divergências entre estudos na literatura.

O estudo realizado por Veiga et al.¹⁶ avaliou as repercussões do infarto do miocárdio (IM), em ratas submetidas ao exercício físico prévio por oito semanas, e indicou que o exercício físico por natação, não atenuou as alterações induzidas pelo IM nas ratas.

Em contrapartida, o estudo de Brown et al.²⁵ constatou redução na área do infarto e preservação do fluxo das artérias coronárias em ratas previamente treinadas por 20 semanas, por um protocolo de corrida. Esses dados corroboram com o estudo de Freimann et al.¹⁴, que realizou o treinamento físico de natação, seguido da indução do IM em ratos machos, observando redução considerável na área do IM, redução da cicatriz e aumento da densidade das arteríolas.

Embora o objetivo do presente estudo não tenha sido induzir o IM, as modificações elétricas demonstradas pelo ECG nos animais treinados resultam no condicionamento cardiovascular e sugere a eficácia desse tipo de treinamento para prevenção de episódios cardiovasculares.

No que diz respeito ao peso dos órgãos, a literatura demonstra aumento no peso relativo dos rins dos animais apenas quando submetidos a exercícios de alta intensidade, por um período de onze semanas¹². Dessa maneira, o aumento do peso relativo dos rins no exercício físico, mesmo sem carga, pode ser justificado considerando o maior tempo de treinamento. Segundo Shizuru et al.²⁶, as respostas renais dos exercícios físicos estão, de fato, relacionadas com seu tempo e sua intensidade.

O peso relativo do baço encontrado neste estudo diverge dos achados da literatura, uma vez que, frente ao exercício físico, o peso do órgão pode diminuir em virtude da ejeção aumentada do sangue armazenado na estrutura, quando se compara animais treinados e imobilizados. Entretanto, as ratas apresentam atividade imunológica e endócrina mais elevada, que podem ser induzidas pelo estresse²⁷. O envelhecimento associado

ao exercício em longo prazo pode ter contribuído para o aumento relativo do baço.

No que se refere ao peso da glândula adrenal, foi visto que não houve diferença estatisticamente significativa, provavelmente isso ocorreu devido ao tipo de treinamento que os animais foram submetidos, sem carga, pois dados da literatura indicam que alterações no peso das glândulas adrenais ocorrem com maior frequência em resposta a treinamentos com carga e altas intensidades¹².

A realização desta pesquisa possibilitou maior compreensão sobre os aspectos correlacionados com as mudanças estruturais do organismo de ratas adultas, com ênfase nas variáveis elétricas do miocárdio, quando submetidas ao treinamento físico, sem carga, realizado apenas três vezes na semana por longo período de tempo. Uma limitação no experimento foi não coletar os dados referentes à pressão arterial dos animais de ambos os grupos.

CONCLUSÃO

Conclui-se que a natação, em longo prazo, apenas três vezes na semana em ratas com idade adulta é eficaz para promover alterações elétricas positivas, destacando-se a bradicardia em repouso e o ângulo do miocárdio verticalizado, caracterizando um treinamento físico cardiovascular eficaz e preventivo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- Sá A, Porto A. Envelhecimento e saúde ocupacional. *Rev Geriatr*. 1990; 3(28):16-24.
- Degens, H. Age-related skeletal muscle dysfunction: causes and mechanisms. *J. Musculoskelet Neuronal Interact*. 2007;7(3):246-52.
- Nelson ME, Rejeski WJ, Blair SN, Duncan PW, Judge JO, King AC, et al. Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39(8):1435-45.
- Organização Mundial de Saúde (OMS). O papel da atividade física no Envelhecimento Saudável. Florianópolis, 2006.
- Barreto ACP, Drumond Neto C, Mady C, Albuquerque DC, Brindélio Filho DF, Braile DM, et al. Revisão das II Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia para o diagnóstico e tratamento da insuficiência cardíaca. *Arq Bras Cardiol*. 2002;79 (Suppl 4):1-30.
- Libby P, Theroux P. Pathophysiology of coronary artery disease. *Circulation*. 2005;111:3481-8.
- Duncker DJ, Bache RJ. Regulation of coronary blood flow during exercise. *Physiol Rev*. 2008;88(3):1009-86.
- Negrão CE, Rondon MUPB. Exercício físico, hipertensão e controle barorreflexo da pressão arterial. *Rev Bras Hipertens*. 2001;8(1):89-95.
- Brum PC, Forjaz CLM, Tinucci T, Negrão CE. Adaptações agudas e crônicas do exercício físico no sistema cardiovascular. *Rev Paul Educ Fis*. 2004;18:21-31.
- Barros JGD, Redondo FR, Zarno FS, Mattos KC, De Angelis K, Irogoyen MC, et al. Treinamento físico de natação promove remodelamento cardíaco e melhora a perfusão sanguínea no músculo cardíaco de SHR via mecanismo dependente de adenosina. *Rev Bras Med Esporte*. 2011;17(3):193-7.
- Negrão CE, Moreira ED, Santos MCLM, Farah VMA, Krieger EM. Vagal function impairment after exercise training. *J Appl Physiol*. 1992;72:1749-53.
- Lana AC, Paulino CA, Gonçalves DI. Influência dos exercícios físicos de baixa e alta intensidade sobre o limiar de hipernocicepção e outros parâmetros em ratos. *Rev Bras Med Esporte*. 2006;15(5):248-54.
- Medeiros A, Gianolla RM, Kalil LMP, Bacurau RFP, Rosa LFBC, Negrão CE, et al. Efeito do treinamento físico com natação sobre o sistema cardiovascular de ratos normotensos. *Rev Paul Educ Fis*. 2000;14(1):7-15.
- Freimann S, Scheinowitz M, Yekutieli D, Feinberg MS, Eldar M, Kessler-Icekson G. Prior Exercise training improves the outcome of acute myocardial infarction in the rat. *J Am Coll Cardiol*. 2005;45(6):931-8.
- Nascimento CCF, Padula N, Milani JGPO, Shimano AC, Martinez EZ, Mattiello-Sverzut AC. Histomorphometric analysis of the response of rat skeletal muscle to swimming, immobilization and rehabilitation. *Braz J Med Biol Res*. 2008; 41(9):818-24.
- Veiga ECA, Portes LA, Bocalini DS, Antonio EL, Santos AA, Santos MH, et al. Repercussões cardíacas após exercício e infarto do miocárdio em ratas submetidas previamente a exercício físico. *Arq Bras Cardiol*. 2013;100(1):37-43.
- Oliveira LS, Sobral LL, Takeda SYM, Betini J, Guirro RRJ, Somazz MC, et al. Estimulación eléctrica y natación en la fase aguda de la axonotmesis: influencia sobre la regeneración nerviosa y la recuperación funcional. *Rev Neurol*. 2008;47:11-5.
- Manuel Rosety-Rodríguez, Alejandra Camacho, Miguel Ángel Rosety, Gabriel Fornieles, Antonio Jesús Díaz, Ignacio Rosety, et al. A 6-week training program increase muscle antioxidant system in elderly diabetic fatty rats. *Med Sci Monit*. 2012;18(9):346-50.
- Kumar S, Kela AK, Mehta VL, Shukla AK. Preferred anesthetic agents in experimental cardiology: A study on rat electrocardiogram. *Indian J Pharmacol*. 1995;27:127-9.

20. Santos MRV, Souza VH, Menezes IAC, Bitencurt JL, Rezende-Neto JM, Barreto AS, et al. Parâmetros bioquímicos, fisiológicos e morfológicos de ratos (*Rattus norvegicus* linhagem Wistar) produzidos pelo Biotério Central da Universidade de Sergipe. *Scientia Plena*. 2010;6(10):1-6.
21. Cardinot T, Moretti A, Mattos K, Brum P, Souza H. Comportamento da pressão arterial e frequência cardíaca em camundongos LDLr-/- submetidos a programa preventivo de treinamento físico aeróbico. *Col Pesq Educ Fís*. 2013; 12(1):71-8.
22. Póvoa R, Souza D. Análise crítica do eletrocardiograma e do ecocardiograma na detecção da hipertrofia ventricular esquerda. *Rev Bras Hipertens*. 2008; 15(2):81-9.
23. Camarozano A, Rabischoffsky A, Maciel BC, Brindeiro Filho D, Horowitz ES, Pena JLB, et al. Diretrizes das indicações da ecocardiografia. *Soc Bras Cardiol*. 2009;93(6):e265-e302.
24. Corrado D, Basso C, Pavei A, Michieli P, Schiavon M, Thiene G. Trends in Sudden cardiovascular death in young competitive athletes after implementation of a preparticipation screening program. *JAMA*. 2006; 296:1593-601.
25. Brown DA, Jew KN, Sparagma GC, Musch TI, Moore RL. Exercise training preserves coronary flow and reduces infarct size after ischemia-reperfusion in rat heart. *J Appl Physiol*. 2003;95:2510-8
26. Shizuru EM, Freud BJ, Hashiru GM, Clay-Baugh JR. Hormonal electrolyte and renal responses to exercise are intensity dependent. *J Appl Physiol*. 1991;70: 900-6.
27. Baldwin DR, Wilcox ZC, Zheng G. The effects of voluntary exercise and immobilization on humoral immunity and endocrine responses in rats. *Physiol Behav*. 1997;61(3):447-53.