

DANILO SALES BOCALINI

**INFLUÊNCIA DA MASSA MIOCÁRDICA EM PARÂMETROS
DA AÇÃO MECÂNICA EM PREPARAÇÕES DE MÚSCULOS
PAPILARES DE RATO**

Tese apresentada à Universidade Federal
de São Paulo – Escola Paulista de
Medicina para a obtenção do título de
Mestre em Ciências.

SÃO PAULO

2006

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

DANILO SALES BOCALINI

**INFLUÊNCIA DA MASSA MIOCÁRDICA EM PARÂMETROS
DA AÇÃO MECÂNICA EM PREPARAÇÕES DE MÚSCULOS
PAPILARES DE RATO**

Tese apresentada à Universidade Federal de São Paulo – Escola Paulista de Medicina para a obtenção do título de Mestre em Ciências pelo programa de Pós-graduação em Clínica Médica.

SÃO PAULO

2006

Bocalini, Danilo Sales.

Influência da massa miocárdica em parâmetros da ação mecânica em preparações de músculos papilares de rato. / Danilo Sales Bocalini.

São Paulo : Escola Paulista de Medicina, 2005.

p. : 97.

Orientador: Paulo J. F. Tucci.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Paulo. Escola Paulista de Medicina. Programa de Pós-graduação em Clínica Médica

1.Fisiologia Cardiologia 2.Intropismo Miocárdico 3.

I. Tucci, Paulo J. F. II. Título.

DANILO SALES BOCALINI

**INFLUÊNCIA DA MASSA MIOCÁRDICA EM PARÂMETROS
DA AÇÃO MECÂNICA EM PREPARAÇÕES DE MÚSCULOS
PAPILARES DE RATO**

Orientador

Prof. Dr. Paulo Jose Ferreira Tucci

Banca Examinadora

Profa. Dra. Alice Teixeira Ferreira

Prof. Dr. Antônio Carlos Cicogna

Prof. Dr. Dalton Valentin Vassallo

Prof. Dr. Jose Wilson Magalhães Bassani

**“NUNCA É TARDE
para você ser o que poderia ter sido”**

Winston Churchill

ÍNDICE GERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMENTOS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE FIGURAS

RESUMO.....i

ABSTRACT.....ii

1. INTRODUÇÃO.....1

2. OBJETIVO.....5

3. MATERIAL E METODOS.....6

3.1. Animais.....6

3.2. Estudo da função mecânica de músculos papilares.....6

3.3. Protocolos experimentais.....9

3.4. Análise estatística.....11

4. RESULTADOS.....12

4.1. Dados estruturais.....12

4.2. Dados relativos à função sistólica.....13

4.3. Dados relativos à função diastólica.....16

4.4. Dados relativos às variáveis temporais.....17

4.5. Dados verificados quando da variação do comprimento em repouso.....18

4.5.1. Dados relativos à função sistólica.....	18
4.5.2. Dados relativos à função diastólica.....	25
4.5.3. Dados relativos às variáveis temporais.....	30
4.6. Figuras.....	33
5. DISCUSSÃO.....	48
5.1. Sobre a preparação do músculo papilar.....	48
5.2. A normalização dos valores da força.....	50
6. CONCLUSÃO.....	54
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	55
8. ANEXOS	

DEDICATÓRIA

**“Porque onde está o teu tesouro,
aí estará também o seu coração”**

Matheus, 6:21

Dedico este trabalho aos meus pais

Ercidio Bocalini e Neusa Sales Bocalini.

Dedico também a uma pessoa muito especial em minha vida,

pessoa essa que dedicou-se as minhas conquistas me

apoiando nas horas mais turbulentas, além de exemplo vivo

suas palavras jamais serão esquecidas:

“nossas realizações são frutos somente da perseverança e

paixão dedicada aos objetivos...

Do que seria essa minha conquista sem sua presença

minha irmã, amiga e sempre querida Christina Sales Bocalini

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Ao Prof. **Dr. Paulo José Ferreira Tucci**, meu orientador, meu mestre e amigo. Sua conduta motivadora frente aos ensinamentos de docência e de investigação científica seria, é digna de imitação . Sua simplicidade na pessoa é digna de admiração e imitação

Ao companheiro e amigo de laboratório **Ednei Luiz Antonio** pelo treinamento técnico e tempo gasto nos ensinamentos da técnica da preparação dos músculos papilares, e inúmeras vezes ter chamado a minha atenção em relação a minha desordem, “eu sou novo Ednei, eu aprendo”.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais **Ercidio Bocalini** e **Neusa Sales Bocalini** por tudo que sou e serei. Vocês representam todo o amor, carinho e dedicação da concretização deste sonho.

As minhas irmãs, **Christina Sales Bocalini** e **Gislene Sales Bocalini** pela educação e por despertarem em mim grandes ideais, pelos conselhos e pelo incentivo.

A toda minha família em especial aos meus avos **Francisco dos Reis Sales** (in memorian) e **Maria Caetano Sales**.

Ao meu irmão e amigo **Rodrigo Nolasco dos Santos** pela amizade e constante incentivo apesar das incansáveis discussões sobre a verdadeira verdade.

Aos meus amigos **Anderson Barbosa** e **Alberto Rodrigues Lima** pela amizade e companheirismo nesses anos todos de convivência mesmo com minha ausência. Valeu gente.

A todos os amigos pós-graduandos do laboratório de Fisiologia e Fisiopatologia Cardíaca: da Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP:

Ao **Dr. Leonardo dos Santos**: pela amizade e incentivo a pesquisa seria.

A **Dra. Andréa Rodrigues da Costa** por sua amizade e pela referência de pesquisa seria e comprometida. Suas atitudes são dignas de exemplo.

A **Dra. Rosemeire Kanashiro**: por me conduzir de maneira serena as questões do modelo experimental de infarto além de ser um exemplo de pesquisadora.

Aos amigos **Andrey Jorge Serra, Dermeval Reis Junior, Dalton Dallemule, Rozeli Ferreira Levy, Ana Flavia Mello de Souza, Leslie Andrews Portes, Renato Rodrigues Sophia, Rodrigo de Almeida Lara, Fernanda Aparecida Alves de Oliveira, Camila Trindade Piccolo, Eduardo Carvalho Veiga, Dra. Alexandra Alberta dos Santos, Prof. Dr. Neif Murad, Dr. Izo Helber, Dr. Lafayette Wilians Ramos, Dr. Roberto Saraiva e Dona Maria** pelo incentivo no dia a dia no laboratório. A vocês minha eterna amizade.

A secretária **Kátia Monteiro** do Departamento de Fisiologia Cardio-respiratória e ao secretário **Venâncio** do Departamento de Pós-graduação em Clínica Médica pelo apoio

Ao técnico de laboratório de Fisiologia Cardio-respiratória da Escola Paulista de Medicina – UNIFESP, **Airton Andrade Santos**, pela amizade e pelo apoio com os cuidados dos animais.

As professoras **Dr. Marília Velardi e Dr. Maria Luiza de Jesus Miranda** por me apresentarem ao mundo da investigação científica, a vocês eterna gratidão, respeito e admiração.

Ao professor **Nicolini**: por despertar em mim a paixão pela fisiologia humana.

E a todos os professores do curso de Educação Física da Universidade São Judas Tadeu que contribuíram para minha formação profissional.

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Dados, expressos em média \pm erro padrão da média dos parâmetros estruturais dos músculos papilares anteriores do protocolo A (PA_A) e do protocolo B (PA_B) e papilares posteriores dos protocolos A (PP_A) e B (PP_B).....12

Tabela 2: Média \pm erro padrão da média dos parâmetros funcionais sistólicos obtidos em contrações isométricas dos músculos papilares anteriores do protocolo A (PA_A), dos músculos posteriores do protocolo A (PP_A), dos músculos anteriores do protocolo B (PA_B) e dos músculos posteriores do protocolo B (PP_B).....13

Tabela 3: Média \pm erro padrão da média dos parâmetros funcionais diastólicos obtidos em contrações isométricas dos músculos papilares anteriores do protocolo A (PA_A), dos músculos posteriores do protocolo A (PP_A), dos músculos anteriores do protocolo B (PA_B) e dos músculos posteriores do protocolo B (PP_B).....16

Tabela 4: Média \pm erro padrão da média dos parâmetros temporais obtidos em contrações isométricas dos músculos papilares anteriores do protocolo A (PA_A), posteriores do protocolo A (PP_A), anteriores do protocolo B (PA_B) e posteriores do protocolo B (PP_B).....18

Tabela 5: Comportamento da tensão desenvolvida expressa em valores absolutos (média e \pm erro padrão da média) dos músculos papilares anterior do protocolo A (PA_A), posterior do protocolo A (PP_A), anterior do protocolo B (PA_B) e posterior do protocolo B (PP_B) obtidos em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos, considerando o comprimento ótimo ($L_{m\acute{a}x}$) como 100%, para ambos os protocolos experimentais.....19

Tabela 6: Comportamento das tensões desenvolvidas corrigidas pela área de secção transversa (média e \pm erro padrão da média) dos músculos papilares anterior do protocolo A (PA_A), posterior do protocolo A (PP_A), anterior do protocolo B (PA_B) e posterior do protocolo B (PP_B) obtidos em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos, considerando o comprimento ótimo ($L_{máx}$) como 100%, para ambos os protocolos experimentais.....20

Tabela 7: Comportamento das tensões desenvolvidas corrigidas pela massa muscular (média e \pm erro padrão da média) dos papilares anterior do protocolo A (PA_A), posterior do protocolo A (PP_A), anterior do protocolo B (PA_B) e posterior do protocolo B (PP_B) obtidos em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos, considerando o comprimento ótimo ($L_{máx}$) como 100%, para ambos os protocolos experimentais.....20

Tabela 8: Dados expressos em média \pm erro padrão da média das inclinações das curvas das tensões desenvolvidas obtidas em contrações isométricas, expressos em gramas pór milímetro quadrado (g/mm^2) e gramas pór miligramas (g/mg), dos músculos papilares anteriores do protocolo A (PA_A), posteriores do protocolo A (PP_A), anteriores do protocolo B (PA_B) e posteriores do protocolo B (PP_B).....22

Tabela 9: Comportamento das derivadas positivas expressa em valores absolutos (média e \pm erro padrão da média) dos músculos papilares anterior do protocolo A (PA_A), posterior do protocolo A (PP_A), anterior do protocolo B (PA_B) e posterior do protocolo B (PP_B) obtidos em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos, considerando o comprimento ótimo ($L_{máx}$) como 100%, para ambos os protocolos experimentais.....22

Tabela 10: Comportamento das derivadas positivas corrigidas pela área de secção transversa (média e \pm erro padrão da média) dos músculos papilares anterior do protocolo A (PA_A), posterior do protocolo A (PP_A), anterior do protocolo B (PA_B) e posterior do protocolo B (PP_B) obtidos em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos, considerando o comprimento ótimo ($L_{m\acute{a}x}$) como 100%, para ambos os protocolos experimentais.....23

Tabela 11: Comportamento das derivadas positivas corrigidas pela massa muscular (média e \pm erro padrão da média) dos papilares anterior do protocolo A (PA_A), posterior do protocolo A (PP_A), anterior do protocolo B (PA_B) e posterior do protocolo B (PP_B) obtidos em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos, considerando o comprimento ótimo ($L_{m\acute{a}x}$) como 100%, para ambos os protocolos experimentais.....23

Tabela 12: Dados expressos em média \pm erro padrão da média das inclinações das curvas das $+dT/dt$ obtidas em contrações isométricas, expressos em gramas por milímetro quadrado (g/mm^2) e gramas por miligramas (g/mg), dos músculos papilares anteriores do protocolo A (PA_A), posteriores do protocolo A (PP_A), anteriores do protocolo B (PA_B) e posteriores do protocolo B (PP_B).....25

Tabela 13: Comportamento das tensões de repouso em valores absolutos (média e \pm erro padrão da média) dos músculos papilares anterior do protocolo A (PP_A), posterior do protocolo A (PP_A), anterior do protocolo B (PA_B) e posterior do protocolo B (PP_B) obtidos em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos, considerando o comprimento ótimo ($L_{m\acute{a}x}$) como 100%, para ambos os protocolos experimentais.....25

Tabela 14: Comportamento das tensões de repouso corrigidas pela área de secção transversa (média e \pm erro padrão da média) dos músculos papilares anterior do protocolo A (PA_A), posterior do protocolo A (PP_A), anterior do protocolo B (PA_B) e posterior do protocolo B (PP_B) obtidos em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos, considerando o comprimento ótimo ($L_{m\acute{a}x}$) como 100%, para ambos os protocolos experimentais.....26

Tabela 15: Comportamento das tensões de repouso corrigidas pela massa muscular (média e \pm erro padrão da média) dos papilares anterior do protocolo A (PA_A), posterior do protocolo A (PP_A), anterior do protocolo B (PA_B) e posterior do protocolo B (PP_B) obtidos em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos, considerando o comprimento ótimo ($L_{m\acute{a}x}$) como 100%, para ambos os protocolos experimentais.....27

Tabela 16: Dados expressos em média \pm erro padrão da média da inclinação das curvas das tensões de repouso obtidas em contrações isométricas, expressos em gramas pór milímetro quadrado (g/mm^2) e gramas pór miligramas (g/mg), dos músculos papilares anteriores do protocolo A (PA_A), posteriores do protocolo A (PP_A), anteriores do protocolo B (PA_B) e posteriores do protocolo B (PP_B).....28

Tabela 17: Comportamento da derivada negativa em valores absolutos (média e \pm erro padrão da média) dos músculos papilares anterior do protocolo A (PA_A), posterior do protocolo A (PP_A), anterior do protocolo B (PA_B) e posterior do protocolo B (PP_B) obtidos em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos, considerando o comprimento ótimo ($L_{m\acute{a}x}$) como 100%, para ambos os protocolos experimentais.....28

Tabela 18: Comportamento das derivadas negativas corrigidas pela área de secção transversa (média e \pm erro padrão da média) dos músculos papilares anterior do protocolo A (PA_A), posterior do protocolo A (PP_A), anterior do protocolo B (PA_B) e posterior do protocolo B (PP_B) obtidos em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos, considerando o comprimento ótimo ($L_{m\acute{a}x}$) como 100%, para ambos os protocolos experimentais.....29

Tabela 19: Comportamento das derivadas negativas corrigidas pela massa muscular (média e \pm erro padrão da média) dos papilares anterior do protocolo A (PA_A), posterior do protocolo A (PP_A), anterior do protocolo B (PA_B) e posterior do protocolo B (PP_B) obtidos em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos, considerando o comprimento ótimo ($L_{m\acute{a}x}$) como 100%, para ambos os protocolos experimentais.....29

Tabela 20: Dados expressos em média \pm erro padrão da média das inclinações das curvas da $-dT/dt$ obtidas em contrações isométricas, expressos em gramas por milímetro quadrado (g/mm^2) e gramas por miligramas (g/mg), dos músculos papilares anteriores do protocolo A (PA_A), posteriores do protocolo A (PP_A), anteriores do protocolo B (PA_B) e posteriores do protocolo B (PP_B).....30

Tabela 21: Comportamento do TPT (média e \pm erro padrão da média) dos músculos papilares anterior do protocolo A (PA_A), posterior do protocolo A (PP_A), anterior do protocolo B (PA_B) e posterior do protocolo B (PP_B) obtidos em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos a partir do comprimento ótimo para ambos os protocolos experimentais.....31

Tabela 22: Comportamento do tempo para tensão desenvolvida decair 50% dos músculos papilares anterior do protocolo A (PA_A), posterior do protocolo A (PP_A), anterior do protocolo B (PA_B) e posterior do protocolo B (PP_B) obtidos em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos a partir do comprimento ótimo para ambos os protocolos experimentais.....31

Tabela 23: Dados expressos em média \pm erro padrão da média da inclinação das curvas dos parâmetros temporais dos músculos papilares anterior do protocolo A (PA_A), posterior do protocolo A (PP_A), anterior do protocolo B (PA_B) e posterior do protocolo B (PP_B) para ambos os protocolos experimentais.....32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.

Dados relativos ao peso (mg) dos músculos papilares expressos em média \pm erro padrão da média.33

Figura 2.

Dados relativos ao comprimento (mm) dos músculos papilares expressos em média \pm erro padrão da média.....34

Figura 3.

Dados relativos a AS (mm^2) dos músculos papilares expressos em média \pm erro padrão da média.....35

Figura 4.

Painel A: valores relativos a TD absoluta expressos em g (media \pm erro padrão da media). Painel B: valores relativos a TD (media \pm erro padrão da media) corrigidos pela AS expressos em g/mm^2 . Painel C: valores relativos a TD (media \pm erro padrão da media) corrigidos pelo peso do músculo expressos em g/mg36

Figura 5.

Painel A: dispersão e regressão linear (\pm 95% do intervalo de confiança) que relaciona a TD (g) com o peso dos músculos papilares (mg). Painel B: dispersão e regressão linear (\pm 95% do intervalo de confiança) que relaciona a TD (g) com a AS expressa em (mm^2) dos músculos papilares. Painel C: dispersão e regressão linear (\pm 95% do intervalo de confiança) que relaciona a TD (g/mg) normalizada pelo peso dos musculos com o peso dos músculos papilares (mg). Painel D: dispersão e regressão linear (\pm 95% do intervalo de confiança) que relaciona a TD (g/mm^2) com a AS expressa em (mm^2) dos músculos papilares.....37

Figura 6.

Painel A: valores relativos a $+dT/dt$ absoluta expressos em g/s (media \pm erro padrão da media). Painel B: valores relativos a $+dT/dt$ (media \pm erro padrão da media) corrigidos pela AS expressos em $\text{g}/\text{mm}^2/\text{s}$. Painel C: valores relativos a $+dT/dt$ (media \pm erro padrão da media) corrigidos pelo peso do músculo dos músculos expressos em $\text{g}/\text{mg}/\text{s}$38

Figura 7.

Painel A: dispersão e regressão linear ($\pm 95\%$ do intervalo de confiança) que relaciona a $+dT/dt$ (g/s) com o peso dos músculos papilares (mg). Painel B: dispersão e regressão linear ($\pm 95\%$ do intervalo de confiança) que relaciona a $+dT/dt$ (g/s) com a AS expressa em (mm^2) dos músculos papilares. Painel C: dispersão e regressão linear ($\pm 95\%$ do intervalo de confiança) que relaciona a $+dT/dt$ (g/mg/s) normalizada pelo peso dos músculos com o peso dos músculos papilares (mg). Painel D: dispersão e regressão linear ($\pm 95\%$ do intervalo de confiança) que relaciona a $+dT/dt$ ($\text{g}/\text{mm}^2/\text{s}$) com a AS expressa em (mm^2) dos músculos papilares.....39

Figura 8.

Painel A: valores relativos a TR absoluta expressos em g (media \pm erro padrão da media). Painel B: valores relativos a TR (media \pm erro padrão da media) corrigidos pela AS expressos em g/mm^2 . Painel C: valores relativos a TR (media \pm erro padrão da media) corrigidos pelo peso do músculo expressos em g/mg.....40

Figura 9.

Painel A: valores relativos a $-dT/dt$ absoluta expressos em g/s (media \pm erro padrão da media). Painel B: valores relativos a $-dT/dt$ (media \pm erro padrão da media) corrigidos pela AS expressos em $\text{g}/\text{mm}^2/\text{s}$. Painel C: valores relativos a $-dT/dt$ (media \pm erro padrão da media) corrigidos pelo peso do músculo expressos em g/mg/s.....41

Figura 10.

Painel A: valores relativos ao TPT (media \pm erro padrão da media) expressos em ms. Painel B: valores relativos a $TR_{50\%}$ (media \pm erro padrão da media) expressos em ms.....42

Figura 11.

Comportamento da TD obtidas em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos a partir do comprimento ótimo para ambos os protocolos experimentais, para os músculos papilares anterior do protocolo A (Δ), posterior do protocolo A (\blacktriangle), anterior do protocolo B (∇) e posterior do protocolo B (\blacktriangledown). Painel A: dados absolutos (media e \pm erro padrão da média) expressos em g. Painel B: dados corrigidos pela área seccional (média e \pm erro padrão da média) expressos em g/mm^2 . Painel C: dados corrigidos pelo peso dos músculos (média e \pm erro padrão da média) expressos em g/mg.....43

Figura 12.

Comportamento da $+dT/dt$ obtidas em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos a partir do comprimento ótimo para ambos os protocolos experimentais, para os músculos papilares anterior do protocolo A (Δ), posterior do protocolo A (\blacktriangle), anterior do protocolo B (∇) e posterior do protocolo B (\blacktriangledown). Painel A: dados absolutos (média e \pm erro padrão da média) expressos em g/s. Painel B: dados corrigidos pela área seccional (média e \pm erro padrão da média) expressos em $g/mm^2/s$. Painel C: dados corrigidos pelo peso dos músculos (média e \pm erro padrão da média) expressos em g/mg/s..44

Figura 13.

Comportamento da TR obtidas em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos a partir do comprimento ótimo para ambos os protocolos experimentais, para os músculos papilares anterior do protocolo A (Δ), posterior do protocolo A (\blacktriangle), anterior do protocolo B (∇) e posterior do protocolo B (\blacktriangledown). Painel A: dados absolutos (média e \pm erro padrão da média) expressos em g. Painel B: dados corrigidos pela área seccional (média e \pm erro padrão da média) expressos em g/mm^2 . Painel C: dados corrigidos pelo peso dos músculos (média e \pm erro padrão da média) expressos em g/mg.....45

Figura 14.

Comportamento da $-dT/dt$ obtidas em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos a partir do comprimento ótimo para ambos os protocolos experimentais, para os músculos papilares anterior do protocolo A (Δ), posterior do protocolo A (\blacktriangle), anterior do protocolo B (∇) e posterior do protocolo B (\blacktriangledown). Painel A: dados absolutos (média e \pm erro padrão da média) expressos em g/s. Painel B: dados corrigidos pela área seccional (média e \pm erro padrão da média) expressos em $g/mm^2/s$. Painel C: dados corrigidos pelo peso dos músculos (média e \pm erro padrão da média) expressos em g/mg/s..46

Figura 15.

Comportamento das variáveis temporais obtidas em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos a partir do comprimento ótimo para ambos os protocolos experimentais, para os músculos papilares anterior do protocolo A (Δ), posterior do protocolo A (\blacktriangle), anterior do protocolo B (∇) e posterior do protocolo B (\blacktriangledown). Painel A: dados correspondente ao TPT (média e \pm erro padrão da média) expressos em ms. Painel B: dados correspondente ao TR_{50} (média e \pm erro padrão da média) expressos em ms.....47

RESUMO

Este trabalho foi conduzido com o propósito de reanalisar a sistemática de normalizar os valores da força desenvolvida em preparações de músculos papilares. Foram avaliados os valores das tensões desenvolvidas tomados como valores absolutos da força, normalizados pela área de secção e pela massa miocárdica participante da contração. Foi considerado como válido o pressuposto de que amostras miocárdicas distintas, advindas do mesmo coração, devem exteriorizar variáveis funcionais comparáveis.

Foram utilizados trinta e cinco ratos Wistar-EPM. Em cada experiência, foi analisada a ação mecânica dos músculos papilares anterior (PA) e posterior (PP) do mesmo coração contraindo isometricamente. Foram determinadas as variáveis funcionais no comprimento ótimo – $L_{\text{máx}}$ – e em comprimentos correspondentes a 92%, 94%, 96%, 98% de $L_{\text{máx}}$, possibilitando a determinação da curva estiramento-tensão desenvolvida (relação de Frank-Starling) para cada músculo. Foram determinados: tensão desenvolvida (TD), tensão de repouso (TR), taxa máximas da variação da tensão desenvolvida positiva (+dT/dt) e negativa (-dT/dt), tempo para atingir o pico da tensão desenvolvida (TPT), tempo para a tensão desenvolvida decrescer 50% do seu valor máximo ($TR_{50\%}$). Foram estabelecidos dois protocolos. No protocolo A (23 pares de músculos) os músculos foram analisados respeitando-se seus comprimentos naturais e no protocolo B (12 pares de músculos) os PP eram intencionalmente reduzidos no seu comprimento, para que operassem com massas miocárdicas inferiores às do PA. Os valores verificados para as variáveis que envolvem força foram considerados em seus valores absolutos (em gramas), normalizados pela área de secção (gramas/milímetro quadrado), e pela massa de miocárdio participante da contração (gramas/miligramas). Os dados foram apresentados sob a forma de médias \pm epm. Para efeito das comparações foi utilizada ANOVA com $p < 0,05$. A massa miocárdica dos PP do protocolo A ($PP_A: 9,57 \pm 0,51$ mg) foi maior em relação aos outros músculos, enquanto a massa dos PP do protocolo B ($PP_B: 5,37 \pm 0,20$ mg) foram menores em relação aos outros músculos. A massa dos PP do protocolo A ($PA_A: 6,33 \pm 0,37$ mg) e do protocolo B ($PA_B: 6,92 \pm 0,31$ mg) não diferiram

entre si. A média dos comprimentos dos músculos PP do protocolo A, em $L_{\text{máx}}$ ($7,44 \pm 0,29$ mm), foi maior do que as dos demais músculos ($PA_A: 4,96 \pm 0,19$ mm, $PA_B: 5,87 \pm 0,24$ mm, $PP_B: 4,31 \pm 0,16$ mm) e o comprimento de PP_B foi menor em relação a todos os demais. Não se identificaram outras diferenças. Os valores das AS dos músculos posteriores ($PP_A: 1,26 \pm 0,05$ mm²; $PP_B: 1,26 \pm 0,05$ mm²) e anteriores ($PA_A: 1,24 \pm 0,01$ mm²; $PA_B: 1,18 \pm 0,02$ mm²) não foram diferentes. Verificou-se que a TD absoluta foi maior para o músculo de maior massa PP_B ($6,71 \pm 0,28$ g) em relação aos outros PA_A ($4,71 \pm 0,24$ g; $PA_B: 4,96 \pm 0,25$ g; $PP_B: 3,91 \pm 0,31$ g) quando corrigida pela AS dos músculos papilares com maior massa contrátil (PP_A) foi mais elevada do que as dos demais músculos: $PP_A: 5,47 \pm 0,28$ g/mm²; $PA_A: 4,17 \pm 0,34$ g/mm²; $PA_B: 4,22 \pm 0,23$ g/mm²; $PP_B: 3,22 \pm 0,31$ g/mm². Interessantemente, ao se normalizar a força desenvolvida pela massa miocárdica as diferenças entre as TD desapareceram ($PA_A: 0,73 \pm 0,09$ g/mg; $PP_A: 0,68 \pm 0,05$ g/mg; $PA_B: 0,74 \pm 0,05$ g/mg; $PP_B: 0,76 \pm 0,09$ g/mg). Os valores absolutos das TD, considerados em gramas, correlacionaram-se significativamente com o peso miocárdico ($r = 0,5830$; $p < 0,0001$) e não se correlacionaram com as áreas de secção transversa ($r = 0,1$; $p > 0,05$). De forma semelhante, os valores da $+dT/dt$ absoluta dos PP_A ($70 \pm 2,5$ g/s) foi superior a dos demais músculos PA_A ($49 \pm 2,3$ g/s) PA_B ($52 \pm 1,3$ g/s) e PP_B ($39 \pm 3,7$ g/s). Quando os dados foram normalizados pela AS os valores foram mais elevados nos músculos de maior massa (PP_A), e foram inferiores nos de menor peso: PP_A ($57 \pm 2,7$ g/mm²/s) $>$ PA_A ($43 \pm 3,4$ g/mm²/s) $=$ PA_B ($44 \pm 1,4$ g/mm²/s) $=$ PP_B ($32 \pm 3,6$ g/mm²/s). Quando os valores são analisados em função dos pesos dos músculos tais diferenças desaparecem ($PA_A: 7,67 \pm 0,93$ g/mg/s; $PP_A: 7,12 \pm 0,43$ g/mg/s; $PA_B: 7,76 \pm 0,40$ g/mg/s; $PP_B: 7,71 \pm 0,92$ g/mg/s). Tal como ocorreu com a TD, os valores absolutos da $+dT/dt$ se correlacionaram com a massa miocárdica ($r = 0,6083$; $p < 0,0001$), enquanto com a área de secção não foi identificada correlação ($r = 0,0948$; $p > 0,05$). Os valores da TR corrigidos pela área seccional dos PA ($PA_A: 0,86 \pm 0,05$ g/mm² e $PA_B: 0,84 \pm 0,06$ g/mm²) não foram diferentes entre si e não diferiram do PP analisado com sua massa nativa ($PP_A: 0,94 \pm 0,04$ g/mm²). Contudo, os PA tiveram menor tensão de repouso do que

o PP analisado com massa miocárdica reduzida ($PP_B: 1,17 \pm 0,09 \text{ g/mm}^2$). Corrigindo os valores pela massa, os papilares de menor massa atingiram valores ($PP_B: 0,28 \pm 0,02 \text{ g/mg}$) significativamente maiores em relação aos demais músculos ($PA_A: 0,15 \pm 0,01 \text{ g/mg}$; $PP_A: 0,10 \pm 0,01 \text{ g/mg}$; $PA_B: 0,15 \pm 0,01 \text{ g/mg}$). Não foram identificadas outras diferenças. Não se identificaram diferenças nos valores da taxa negativa de variação de tensão, no TPT e no TR50% dos músculos papilares em ambos os protocolos.

As curvas estiramento-TD dos músculos papilares de maior peso (PP_A) determinadas em comprimentos de 92, 94, 96, 98 e 100% de $L_{\text{máx}}$ situaram-se acima das demais, quando os valores foram corrigidos pelas áreas de seção. Houve superposição entre as curvas correspondentes aos músculos de pesos equivalentes (PA_A e PA_B). Os dados dos músculos de menor peso (PP_B) foram inferiores aos valores de PP_A , mas não diferiram significativamente de PA_A e PA_B . Quando os valores foram corrigidos pelo peso dos músculos, as diferenças descritas anteriormente desapareceram. Quando os valores da $+dT/dt$ foram expressos em função da AS os valores de P_{PA} foram superiores a PA_A e PP_B , contudo, não diferiram de PA_B . Em adição, PA_A e PA_B não diferiram entre si e também não diferiram de PP_B . Quando os dados de $+dT/dt$ são analisados como função da massa miocárdica, todas as diferenças desaparecem. Os valores da TR de PP_B situaram-se acima dos demais músculos (PA_A , PP_A e PA_B) em todos os pontos percentuais do comprimento em repouso. O mesmo fato ocorreu quando os dados foram expressos com base nos pesos musculares: os valores de PP_B foram mais elevados em relação aos demais músculos (PA_A , PP_A e PA_B) em todos os pontos percentuais de $L_{\text{máx}}$. Os valores da $-dT/dt$ corrigida pela área seccional ou pela massa miocárdica não foram diferentes estatisticamente. Não foram identificadas diferenças significantes entre os diversos valores do TPT e do TR50%.

Em conclusão nossos dados indicam que a normalização das variáveis pelo peso do músculo resulta em valores que assumem que amostras distintas do mesmo coração devam externar valores similares em parâmetros contrateis.

SUMMARY

This paper was conducted with the purpose of re-analyzing the normalization of values for force developed by papillary muscles. Developed tension was evaluated as absolute values of force, normalized by cross sectional area and by myocardial mass involved in contraction. Distinctive myocardial samples from the same heart were assumed as expressing comparable functional variables.

Thirty-five Wistar-EPM rats were used. For each experiment, the mechanical action of anterior (AP) and posterior papillary (PP) muscles was analyzed for the same heart. Functional variables for optimal length - L_{max} - and corresponding lengths at 92%, 94%, 96%, 98% of L_{max} were determined, thus allowing for the determination of developed length-tension relations (Frank-Starling relationship) for each muscle. The following were determined: developed tension (DT), resting tension (RT), positive (+dT/dt) and negative (-dT/dt) rate of tension variation, time to peak tension (TPT), time for developed tension to be 50% reduced from maximum value ($TR_{50\%}$). Two protocols were established. In Protocol A (23 pairs of muscles) the muscles were analyzed according to their natural length; in Protocol B (12 pairs of muscles), PP were intentionally reduced in length so that they could work on lower myocardial mass as compared to AP. Variables that involve force were considered in their absolute value (grams), normalized by cross sectional area (CSA: grams/square millimeter), and by myocardial mass involved in the contraction (grams/milligram). Data were presented as mean \pm sem. ANOVA was used for comparisons ($p < 0.05$). Myocardial mass of PP in Protocol A ($PP_A: 9.57 \pm 0.51$ mg) was higher as compared to the other muscles, whereas PP mass in Protocol B ($PP_B: 5.37 \pm 0.20$ mg) was lower as compared to the other muscles. PA mass in Protocol A ($PA_A: 6.33 \pm 0.37$ mg) and in Protocol B ($PA_B: 6.92 \pm 0.31$ mg) did not differ. In Protocol A, mean length of PP muscles in L_{max} (7.44 ± 0.29 mm) was higher than that of all other muscles ($PA_A: 4.96 \pm 0.19$ mm, $PA_B: 5.87 \pm 0.24$ mm, $PP_B: 4.31 \pm 0.16$ mm) and PP_B length was lower as compared to all the others. No other difference was identified. Values for CSA in posterior muscles ($PP_A: 1.26 \pm 0.05$ mm²; $PP_B: 1.26$ to 0.05 mm²) and anterior muscles

(PA_A : $1.24 \pm 0.01 \text{ mm}^2$; PA_B : $1.18 \pm 0.02 \text{ mm}^2$) did not report differences. DT analyzed in grams was larger in PP_A ($6.71 \pm 0.28 \text{ g}$) in relation in others muscle PA_A ($4.71 \pm 0.24 \text{ g}$), PA_B ($4.96 \pm 0.25 \text{ g}$) and PP_B ($3.91 \pm 0.31 \text{ g}$). When the values were corrected by CSA of papillary muscles with larger contractile mass (PP_A) was shown to be higher than that of the other muscles: PP_A : $5.47 \pm 0.28 \text{ g/mm}^2$; PA_A : $4.17 \pm 0.34 \text{ g/mm}^2$; PA_B : $4.22 \pm 0.23 \text{ g/mm}^2$; PP_B : $3.22 \pm 0.31 \text{ g/mm}^2$. Interestingly, when developed force was normalized by myocardial mass, the differences between the DTs disappeared (PA_A : $0.73 \pm 0.09 \text{ g/mg}$; PP_A : $0.68 \pm 0.05 \text{ g/mg}$; PP_B : $0.74 \pm 0.05 \text{ g/mg}$; PP_B : $0.76 \pm 0.09 \text{ g/mg}$). DT absolute values – in grams – showed significant correlation with myocardial weight ($r = 0.5830$; $p < 0.0001$) and no correlation with cross sectional areas ($r = 0.1$; $p > 0.05$). Similarly, values for +dT/dt absolut was higher in PP_A ($70 \pm 2.5 \text{ g/s}$) in relation in others muscle PA_A ($49 \pm 2.3 \text{ g/s}$), PA_B ($52 \pm 1.3 \text{ g/s}$) and PP_B ($39 \pm 3.7 \text{ g/s}$). Normalizing the values to CSA showed to be higher in higher mass muscles (PP_A), and lower in the lower weight muscles: PP_A ($57 \pm 2.7 \text{ g/mm}^2/\text{s}$) > PA_A ($43 \pm 3.4 \text{ g/mm}^2/\text{s}$) = PA_B ($44 \pm 1.4 \text{ g/mm}^2/\text{s}$) = PP_B ($32 \pm 3.6 \text{ g/mm}^2/\text{s}$). When values were analyzed considering muscle weight, those differences disappeared (PA_A : $7.67 \pm 0.93 \text{ g/mg/s}$; PP_A : $7.12 \pm 0.43 \text{ g/mg/s}$; PA_B : $7.76 \pm 0.40 \text{ g/mg/s}$; PP_B : $7.71 \pm 0.92 \text{ g/mg/s}$). As with DT, absolute values for + dT/dt were found to be correlated with myocardial mass ($r = 0.6083$; $p < 0.0001$), whereas no correlation was found with cross sectional area ($r = 0.0948$; $p > 0.05$). TR values corrected by PA cross sectional area (PA_A : $0.86 \pm 0.05 \text{ g/mm}^2$ and PA_B : $0.84 \pm 0.06 \text{ g/mm}^2$) showed no differences and did not differ from PP analyzed in its native mass (PP_A : $0.94 \pm 0.04 \text{ g/mm}^2$). However, PA showed lower resting tension when compared to PP analyzed in reduced myocardial mass (PP_B : $0.94 \pm 0.04 \text{ g/mm}^2$). After mass correction, lower mass papillaries reached values (PP_B : $0.28 \pm 0.02 \text{ g/mg}$) that were significantly higher as compared to the other muscles (PA_A : $0.15 \pm 0.01 \text{ g/mg}$; PP_A : $0.10 \pm 0.01 \text{ g/mg}$; PA_B : $0.15 \pm 0.01 \text{ g/mg}$). No other difference was identified. No difference was identified for TPT or $TR_{50\%}$ for papillary muscles in both protocols.

Force-length relations of heavier papillary muscles (PP_A) determined at 92, 94, 96, 98 and 100% L_{max} showed to be higher than all the others when

values were corrected by CSA. Curves corresponding to muscles of equivalent weight were superposed (PA_A and PA_B). Data on lower weight muscles (PP_B) were lower when compared to PP_A , but did not significantly differ from PA_A and PA_B . When values were corrected by muscle weight, the differences described earlier disappeared. When values for $+dT/dt$ were expressed based on CSA, PP_A values were higher than PA_A and PP_B ; however, they did not differ from PA_B . Additionally, PA_A and PA_B showed no difference; neither did they differ from PP_B . When data on $+dT/dt$ are analyzed as myocardial mass function, all differences disappear. Values for PP_B were shown to be higher when compared to all other muscles (PA_A , PP_A and PA_B) at all percentual points of L_{max} . Values for $-dT/dt$ corrected by weight and CSA were not different. No significant differences were identified between the different values for TPT and $TR_{50\%}$.

In conclusion, our data are indicative that the normalization of variables of papillary muscle mechanics by muscle weight results in values in consonance with the assumption that distinctive myocardial samples of the same heart should disclose similar values for contractile parameters.

1. INTRODUÇÃO

As dificuldades impostas pela complexa geometria do coração dificultam a análise das características funcionais intrínseca da musculatura miocárdica. O desempenho mecânico das câmaras cardíacas é regulado não apenas por fatores diretamente dependentes do estado contrátil das miofibrilas. De tal forma que a interferência de outros reguladores do desempenho mecânico do coração, que não o estado contrátil, pode induzir a distorções em análises que visam avaliar a contratilidade miocárdica. Assim, o tamanho e a forma da cavidade têm influência decisiva na capacidade cardíaca em gerar pressão e ejetar, impedindo o conhecimento adequado das condições da capacidade contrátil intrínseca do miocárdico ao se estudar o coração de forma global (SHAH et al. 1998; PREDERGAST et al., 1997; LAMONTAGE et al., 1992; BRUTSAERT, et al., 1984; PARMLEY, et al., 1969).

Os estudos da mecânica da contração muscular desenvolvidos em músculos esqueléticos inspiraram a aplicação de técnica equivalente ao miocárdio, possibilitando avaliar a capacidade funcional do músculo cardíaco isento de influências dos fatores atuantes na cavidade ventricular. Em trabalho pioneiro de ULLRICK & WHITEHORN (1956), e mais tarde, consolidando essa preparação, ABBOTT & MOMMAERTS (1959), KELLY, et al., (1960) e SONNENBLICK (1962), utilizaram preparações de músculos papilares para analisar as propriedades mecânicas do músculo cardíaco. A partir desta época, amostras isoladas de miocárdio passaram a ser utilizadas em investigações experimentais sobre contração do músculo cardíaco e permitiram expressivos avanços no conhecimento da ação mecânica do miocárdio normal e patológico.

O uso de amostras musculares isoladas para avaliações do estado contrátil, ou contratilidade miocárdica, inclui vantagens sobre estudos que se realizam no coração como um todo, sejam corações “in situ” ou corações isolados. Os estudos conduzidos em músculos papilares são isentos dos inconvenientes mencionados para as câmaras cardíacas e possibilitam abordagem adequada do estado contrátil do miocárdio. Este método inclui características bastante favoráveis para se analisar a capacidade contrátil muscular, tais como a possibilidade de controle estrito do comprimento em repouso das miofibrilas e das cargas a que o miocárdio é submetido, além de avaliações precisas do montante de força desenvolvida ou do encurtamento miocárdico durante a contração. Acresce-se a possibilidade de análises elaboradas das modificações temporais da ação mecânica dos músculos, que enriquecem a avaliação da contração e do relaxamento. Não se deixe de mencionar a grande estabilidade funcional destas preparações.

Trabalhos publicados nos primeiros anos das pesquisas com músculos papilares (ABBOTT & MOMMAERTS, 1959, SONNENBLICK, 1961, SONNENBLICK et al, 1966) divulgaram valores absolutos da força desenvolvida durante a contração sem considerar um fator de normalização. Seguindo-se a este período inicial, surgiram os primeiros trabalhos que propõe normalização dos valores da força, considerando que as características biométricas dos músculos podem ser fator determinante do desempenho mecânico. Assim, KERR et al (1961) utilizaram a massa seca dos músculos como fator de normalização, levando em conta que a maior ou menor massa muscular presente na preparação deveria ser considerada como fator de

correção para o valor obtido para a força. Nesta época, surgiram as primeiras propostas para normalização pela área de secção transversa dos papilares (FISHER et al, 1967, HENDERSON et al, 1969, TYBERG et al, 1970, BING et al, 1971), que acabou prevalecendo como opção dos autores para a normalização (ZILE et al., 1990; CHRISTIANSEN et al., 1993; JANSSEN & HUNTER, 1995; RAYA et al., 1997; CICOGNA et al., 1997; LEBLANC et al, 1998; MILL et al., 1998; KIRIAZIS & GIBBS, 2001; MADU et al., 2001; CICOGNA et al., 2002; PAIVA et al., 2003; SCHWERTZ et al., 2004; PERON, 2004; PORTES 2005; PERON et al., 2005; VANDENBOOM et al., 2005).

Não se identifica na literatura a razão explícita dos autores terem optado por normalizar os valores da força pela área de secção transversa dos papilares, como ocorre em nossos dias. A única referência da literatura que manifesta preocupação com o fator a ser utilizado para normalização dos valores da força foi divulgada no trabalho de BING et al (1971), ao contestar a providência de KERR et al (1961) que optaram pela normalização pela massa miocárdica: *“Normalization of tension on a muscle weight basis, however, is misleading since a short muscle with a given cross sectional area would be credit with more tension developed than a longer one”*. A impossibilidade de alcançar completo entendimento das razões que conduziram os autores a preferir a normalização pela área de secção nos levou a buscar elementos esclarecedores da questão entrando em contacto pessoal com o Oscar H. L. Bing, um dos pioneiros na aplicação dos músculos papilares para estudo da função miocárdica. A informação pessoal prestada por Bing esclareceu a racionalidade da preferência pela área de secção (Bing, 2006, anexo 1).

Quando se consideram diversas unidades contráteis operando em associação, o resultado final de sua ação depende delas operarem em paralelo ou em série. Supondo uma circunstância em que as forças desenvolvidas pelas diversas unidades contráteis sejam semelhantes, no modelo em que as unidades contráteis operam em série, as forças opostas se anulam e o conjunto atua como se apenas um elemento estivesse contraindo. Diversamente, quando as unidades contráteis se associam em paralelo, o resultado final do conjunto decorre da soma da ação de cada uma das unidades. A aplicação deste conceito físico às unidades contráteis de um músculo faz supor que o comprimento do músculo não interfere na força resultante, que dependeria, exclusivamente, da área de secção dos músculos, retratando o maior ou menor número de unidades contráteis em paralelo.

Depois que esta proposta de normalizar a força desenvolvida durante a contração pelo valor da área de secção transversa do músculo – considerando que este parâmetro é o que melhor representa a influência da biometria muscular no seu desempenho mecânico – esta providência generalizou-se e não mais foi contestada. Há na literatura, relatos esparsos de autores que não normalizaram os valores da força (ABBOTT & MOMMAERTS, 1959, SONNENBLICK, 1961, SONNENBLICK et al, 1966) e outros (KERR et al, 1961; GRIMMM et al, 1963; FRY & POOLE-WILSON 1981 e WANG et al, 1998) que corrigiram a força desenvolvida pela massa miocárdica participante da contração. Não há, na literatura, referência alguma que tenha objetivado analisar a validade destas diferentes providências.

O objetivo deste trabalho foi reexaminar esta questão, avaliando qual destas diretrizes é a mais recomendada. Supondo que amostras miocárdicas advindas do mesmo coração denotem variáveis funcionais semelhantes, determinamos as características da ação mecânica de músculos papilares anteriores e comparamos com os valores sistólicos e diastólicos dos músculos papilares posteriores dos mesmos corações. Admitimos que o método de referência das variáveis funcionais que mais aproxime os valores verificados para os músculos papilares anteriores daqueles obtidos nos músculos papilares posteriores é o que melhor indica as características funcionais do miocárdio.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Animais

Foram utilizados 35 ratos machos (**Rattus norvegicus albinus**, Rodentia Mammalia), da linhagem Wistar EPM¹, pesando entre 300 a 350 gramas, aparentemente saudáveis, provenientes do Centro de Desenvolvimento de Modelos Experimentais (CEDEME) da Universidade Federal de São Paulo – Escola Paulista de Medicina. Os animais foram mantidos em caixas plásticas, em ambiente com controle de luz e temperatura, servindo-se *ad libitum* de água e ração Nuvital (Nuvilab). Em cada caixa foram mantidos, no máximo, cinco ratos.

3.2. Estudo da função mecânica de músculos papilares

Para a realização do estudo os animais eram anestesiados com solução de uretana (400 mg/kg de peso corporal) injetada por via introperitoneal. Após toracotomia mediana, os corações eram retirados rapidamente e colocados em solução de Krebs-Henseleit previamente aquecida a 29°C e borbulhada com oxigênio. A parede livre do ventrículo direito era extirpada com o objetivo de expor o septo interventricular, que era dividido ao meio para exposição dos dois músculos papilares do ventrículo esquerdo. Os corações eram rapidamente transferidos para placa de Petri contendo solução de Krebs-Henseleit adequadamente oxigenada e aquecida a 29 °C e os músculos papilares anterior e posterior eram cuidadosamente dissecados. Cada extremidade dos músculos era fixada por anéis de aço inoxidável. Em seguida, os músculos eram transferidos para câmara de vidro e permaneciam submersos em solução

de Krebs-Henseleit constantemente oxigenada por borbulhamento e mantida em temperatura constante de 29°C. Um dos anéis era fixado a gancho existente no fundo da câmara de vidro e o outro foi ligado à extremidade de transdutor de força (Grass, modelo FT 03) por meio de fio de aço inoxidável. O transdutor de força estava conectado a micromanipulador Mitutoyo, modelo 2046F, que permitia deslocamentos verticais de 10 micrômetros/volta. A composição da solução de Krebs-Henseleit, em milimoles por litro, foi de 132 NaCl; 4,69 KCl; 1,5 CaCl; 1,16 MgSO₄; 1,18 KH₂PO₄; 5,50 glicose, insulina 10 U e 20 de HEPES como tampão.

A pressão parcial de oxigênio da solução foi mantida entre 550 e 600 mmHg. Paralelamente ao músculo papilar existiam dois eletrodos de platina que liberavam ativação de campo gerada por estimulador DV&M, modelo ESF-10. Os estímulos elétricos eram liberados em ondas quadradas com duração de 5 ms e voltagem aproximadamente 10 a 15% maior que o mínimo necessário para provocar resposta mecânica máxima do músculo, sob frequência de 0,2 Hz.

Durante período de 60 minutos os músculos foram deixados contrair isotonicamente contra pré-carga baixa. A contração isotônica foi possibilitada pela existência de mola entre o anel superior e o transdutor, de modo a permitir a ocorrência de encurtamento miocárdico. Cada mola tinha tensão nominal de 0,3 gramas/cm.

Em seguida, a mola era retirada do sistema e as contrações passavam a ser isométricas. Os músculos permaneciam em contração isométrica durante

¹ Nomenclatura atual do Internacional Index of Laboratory Animals, 4th Edition, 1980.

20 minutos para que a estabilização da preparação fosse alcançada. Com auxílio do micromanipulador o músculo era cuidadosamente estirado até atingir o ápice da curva comprimento/tensão: comprimento diastólico do músculo no qual a tensão isométrica desenvolvida atinge valor máximo ($L_{m\acute{a}x}$). Definido o estiramento do músculo que propiciava o maior valor da tensão desenvolvida, media-se o seu comprimento com auxílio de paquímetro Mitutoyo.

Após a determinação de $L_{m\acute{a}x}$ os músculos permaneceram em contração isométrica por 20 minutos e consideravam-se os dados funcionais verificados nestas condições como os valores correspondentes a 100% $L_{m\acute{a}x}$. Seguindo-se, eram determinados os valores das variáveis em comprimentos correspondentes a 92%, 94%, 96%, 98% de $L_{m\acute{a}x}$, possibilitando a determinação da curva estiramento-tensão desenvolvida (relação de Frank-Starling) para cada músculo.

Os parâmetros da função contrátil analisados foram:

1. $TD_{m\acute{a}x}$: tensão máxima desenvolvida isometricamente;
2. TR: tensão de repouso;
3. dT/dt : taxa da variação da tensão desenvolvida, sendo consideradas a taxa positiva ($+dT/dt$) e negativa ($-dT/dt$) máximas, que informam a variação temporal da força durante a contração e o relaxamento, respectivamente;
4. TPT: tempo para atingir o pico da tensão desenvolvida, ou seja, o tempo decorrido desde o início da contração até que seja atingido o pico de tensão desenvolvida;

5. TR50%: tempo para a tensão desenvolvida decrescer 50% do seu valor máximo.

Terminadas as manobras de avaliação da mecânica miocárdica, os músculos eram retirados do sistema, o segmento contido entre os anéis de aço era isolado e pesado em balança Fisher Scientific, modelo OCCU-124. Considerando a densidade muscular igual a 1, a área de secção transversa do músculo era estimada dividindo-se o seu peso pelo seu comprimento em repouso verificado em $L_{máx}$.

3.3. Protocolos experimentais

Os experimentos foram conduzidos aos pares. Em todos os experimentos, cada par de músculo foi constituído pelo papilar anterior e pelo papilar posterior do mesmo coração. Esta programação possibilitou comparar o desempenho mecânico do miocárdio do mesmo coração, caracterizando, em separado, a função mecânica dos papilares anterior e posterior. Cada músculo era colocado em uma cuba individual e as características funcionais avaliadas simultaneamente.

Os músculos papilares foram preparados para as avaliações funcionais de acordo com dois protocolos, que visaram estabelecer as condições desejáveis para analisar a contribuição das características biométricas dos papilares no seu desempenho mecânico.

O transcurso das experiências mostrou que as áreas de secção dos músculos papilares anteriores e posteriores eram muito semelhantes, de tal forma que características biométricas diferentes só seriam possíveis por

variações dos comprimentos dos músculos. Esta verificação condicionou a condução dos experimentos de modo a constituir dois protocolos. No Protocolo A, os músculos eram dissecados e as extremidades fixadas pelos anéis de aço, sem nenhuma preocupação de se controlar o comprimento dos músculos. Nestas circunstâncias, a massa miocárdica participante da contração do músculo papilar posterior foi sempre maior do que a do anterior, em função de o posterior ser sempre mais longo do que o anterior.

No protocolo B os anéis de aço que prendiam o músculo papilar posterior eram intencionalmente colocados em posições adequadas para que parte do comprimento do músculo fosse excluída da análise. Com esta manobra procurou-se restringir a massa miocárdica do papilar posterior participante da contração, de modo que a quantidade de miocárdio do papilar anterior que participou da contração foi maior do que a do papilar posterior.

Em ambos os protocolos, os valores verificados para as variáveis que envolvem força foram avaliados em seus valores absolutos e normalizados segundo a sistemática tradicional – pela área de secção – e pela massa de miocárdio participante da contração, expressa pelo peso (em miligramas) do músculo.

Os dados verificados para a tensão de repouso, quando projetados em função dos diversos comprimentos em repouso, foram ajustados por equação exponencial do tipo

$$y = \beta_0 \cdot e^{\beta_1 x} + \varepsilon_i$$

onde β_0 , β_1 e ε_i são constantes da curva. A constante β_1 expressa a rigidez muscular.

3.4. Análise estatística

Os dados são apresentados sob a forma de médias \pm erros padrão. Para efeito das comparações foram utilizados testes “t” de Student e a ANOVA pós teste de Tukey para dados pareados com auxílio de programa SPSS 12.0 (Systat Software Inc., Richmond, California, USA) com nível de significância estabelecido para as análises de $p < 0,05$.

4. RESULTADOS

4.1. Dados estruturais

Os valores dos pesos corpóreos dos animais estudados no protocolo A (357 ± 5 g) e B (351 ± 3 g), no dia em que foram submetidos ao sacrifício para a análise da função mecânica, não foram diferentes ($p < 0,385$).

A tabela 1 resume os dados biométricos correspondentes ao peso, ao comprimento muscular em $L_{m\acute{a}x}$ e à área de secção transversa dos músculos papilares estudados.

Tabela 1: Dados, expressos em média \pm erro padrão da média dos parâmetros estruturais dos músculos papilares anteriores (A_{PA} ; A_{PB}) e papilares posteriores (P_{PA} ; P_{PB}) dos protocolos A e B.

Variáveis	Protocolo A		Protocolo B	
	PA_A	PP_A	PA_B	PP_B
Peso (mg)	$6,33 \pm 0,37^a$	$9,57 \pm 0,51^b$	$6,92 \pm 0,31^a$	$5,37 \pm 0,20^c$
$L_{m\acute{a}x}$ (mm)	$4,96 \pm 0,19^a$	$7,44 \pm 0,29^b$	$5,87 \pm 0,24^a$	$4,31 \pm 0,16^c$
AS (mm^2)	$1,24 \pm 0,1^a$	$1,26 \pm 0,05^a$	$1,18 \pm 0,02^a$	$1,26 \pm 0,05^a$

Letras minúsculas iguais indicam médias sem diferenças estatisticamente significantes ($p \geq 0,05$). Letras minúsculas diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$).

A massa miocárdica (Figura 1) dos papilares posteriores dos animais do protocolo A ($9,57 \pm 0,51$ mg) foi significativamente maior em relação aos outros músculos, enquanto a massa dos papilares posteriores do protocolo B ($5,37 \pm 0,20$ mg) foi significativamente menor em relação aos outros músculos. A massa dos papilares anteriores do protocolo A ($6,33 \pm 0,37$ mg) e do protocolo B ($6,92 \pm 0,31$ mg) não diferiram entre si.

A média dos comprimentos (Figura 2) dos músculos papilares posteriores do protocolo A em $L_{m\acute{a}x}$ ($7,44 \pm 0,29$ mm) foi maior do que as dos demais músculos. Já o comprimento em $L_{m\acute{a}x}$ dos papilares posteriores do experimento B ($4,31 \pm 0,16$ mm) foi significativamente menor em relação a

todos os demais. Não se identificou diferença entre os comprimentos em $L_{\text{máx}}$ de PA_A : $4,96 \pm 0,19$ mm e PA_B : $5,87 \pm 0,24$ mm.

Os valores das áreas seccionais dos músculos posteriores (PP_A : $1,26 \pm 0,05$ mm²; PP_B : $1,26 \pm 0,05$ mm²) foram numericamente maiores do que os de PA_A ($1,24 \pm 0,10$ mm²) e PA_B ($1,18 \pm 0,02$ mm²), entretanto, a diferença entre estes valores não foi significativa (Figura 3).

4.2. Dados relativos à função sistólica

Os dados relativos à função sistólica são apresentados na tabela 2.

Tabela 2: Média \pm erro padrão da média dos parâmetros funcionais sistólicos obtidos em contrações isométricas dos músculos papilares anteriores do protocolo A (PA_A), dos músculos posteriores do protocolo A (PP_A), dos músculos anteriores do protocolo B (PA_B) e dos músculos posteriores do protocolo B (PP_B).

Variáveis	Protocolo A		Protocolo B	
	PA_A	PP_A	PA_B	PP_B
TD (g)	$4,71 \pm 0,24^a$	$6,71 \pm 0,28^b$	$4,96 \pm 0,25^a$	$3,91 \pm 0,31^a$
TD (g/mm²)	$4,17 \pm 0,34^a$	$5,47 \pm 0,28^b$	$4,22 \pm 0,23^a$	$3,22 \pm 0,31^a$
TD (g/mg)	$0,73 \pm 0,09^a$	$0,68 \pm 0,05^a$	$0,74 \pm 0,05^a$	$0,76 \pm 0,09^a$
+ dT/dt (g/s)	$49 \pm 2,3^a$	$70 \pm 2,5^b$	$52 \pm 1,3^a$	$39 \pm 3,7^a$
+ dT/dt (g/mm²/s)	$43 \pm 3,4^a$	$57 \pm 2,7^b$	$44 \pm 1,4^a$	$32 \pm 3,6^a$
+ dT/dt (g/mg/s)	$7,67 \pm 0,93^a$	$7,12 \pm 0,43^a$	$7,76 \pm 0,40^a$	$7,71 \pm 0,92^a$

TD: tensão desenvolvida, expressa em gramas (g), em gramas/milímetro quadrado (g/mm²) e em gramas/miligramma (g/mg). +dT/dt: valor máximo da primeira derivada temporal positiva das tensões desenvolvidas, expresso em gramas por segundo (g/s), gramas por milímetro quadrado por segundo (g/mm²/s) e gramas por miligramma por segundo (g/mg/s).

Letras minúsculas iguais indicam médias sem diferenças estatisticamente significantes ($p \geq 0,05$). Letras minúsculas diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$).

A tensão desenvolvida, expressa exclusivamente em gramas (Figura 4A), foi significativamente mais elevada nos músculos de maior massa (PP_A : $6,71 \pm 0,28$ g) em relação aos demais (PA_A : $4,71 \pm 0,24$ g; PA_B : $4,96 \pm 0,25$ g; PP_B : $3,91 \pm 0,31$ g). Analisando os valores da tensão desenvolvida corrigida

pela AS (figura 4B), verificou-se que a TD dos músculos papilares com maior massa contrátil (PP_A) também foi significativamente ($p < 0,05$) mais elevada do que as verificadas para os demais músculos: PP_A : $5,47 \pm 0,28 \text{ g/mm}^2$; PA_A : $4,17 \pm 0,34 \text{ g/mm}^2$; PA_B : $4,22 \pm 0,23 \text{ g/mm}^2$; PP_B : $3,22 \pm 0,31 \text{ g/mm}^2$. Chama a atenção que os valores das tensões desenvolvidas verificados quando o papilar posterior teve a menor massa (PP_B) foram inferiores às dos demais músculos. Este achado aponta para a idéia de que as TD dos papilares posteriores (PP_A e PP_B) dependem da massa miocárdica envolvida na contração. Destaca-se, ainda, o fato de que as tensões desenvolvidas pelos papilares anteriores – que tiveram massas e áreas de secção semelhantes – não foram diferentes. Interessantemente, ao se normalizar a força desenvolvida pela massa miocárdica (Tabela 2), as diferenças entre as TD desaparecem: PA_A : $0,73 \pm 0,09 \text{ g/mg}$; PP_A : $0,68 \pm 0,05 \text{ g/mg}$; PA_B : $0,74 \pm 0,05 \text{ g/mg}$; PP_B : $0,76 \pm 0,09 \text{ g/mg}$. Tais resultados podem ser vistos na Figura 4C.

A correlação dos valores absolutos das tensões desenvolvidas, considerados em gramas (g), em função das massas miocárdicas (figura 5A) e das áreas de secção (figura 5B) possibilitou identificar associação significativa da TD com o peso miocárdico ($r = 0,5830$; $p < 0,0001$) e ausência de correlação com a AS ($r = 0,1$; $p > 0,05$). Quando os dados são projetados de acordo com a sistemática tradicional, ou seja, quando a TD normalizada pela área de secção é projetada em função da própria área de secção (figura 5D) identifica-se associação negativa ($r = 0,3810$; $p < 0,0008$). O mesmo ocorreu quando a TD normalizada pelo peso do músculo (figura 5C) é projetada em função do próprio peso ($r = 0,3860$; $p < 0,0007$).

Em ambos os protocolos, os valores da taxa de variação máxima positiva da tensão desenvolvida (figura 6A) seguiram padrão semelhante ao verificado para a tensão desenvolvida. A $+dT/dt$, considerada em valores naturais de g/s – sem nenhuma das correções – caracterizou, novamente, que os valores do papilar de maior peso (PP_A : $70 \pm 2,5$ g/s) assumiram níveis superiores aos dos demais (PA_A : $49 \pm 2,3$ g/s; PA_B : $52 \pm 1,3$ g/s; PP_B : $39 \pm 3,7$ g/s). Quando se utilizou a área de secção como fator de normalização (figura 6B), as primeiras derivadas temporais positivas dos músculos de maior massa (PP_A) também foram maiores, e não foram identificadas outras diferenças significantes: PP_A ($57 \pm 2,7$ g/mm²/s) > PA_A ($43 \pm 3,4$ g/mm²/s) = PA_B ($44 \pm 1,4$ g/mm²/s) = PP_B ($32 \pm 3,6$ g/mm²/s). Contudo, quando os valores são analisados em função dos pesos dos músculos (PA_A : $7,67 \pm 0,93$ g/mg/s; PP_A : $7,12 \pm 0,43$ g/mg/s; PA_B : $7,76 \pm 0,40$ g/mg/s; PP_B : $7,71 \pm 0,92$ g/mg/s) tais diferenças desaparecem (figura 6C).

Tal como ocorreu com os dados descritos para a TD, para os valores absolutos da $+dT/dt$ (figura 7A) foi verificado, também, correlação significativa com a massa miocárdica ($r = 0,6083$; $p < 0,0001$) e quando os dados são correlacionados com a AS (figura 7B) nenhuma correlação é identificada ($r = 0,0948$; $p > 0,05$). Seguindo-se a sistemática tradicional, quando os dados da $+dT/dt$ normalizados pela área de secção são projetados em função da própria área de secção (figura 7C), não se identificou correlação ($r = 0,1449$; $p > 0,05$), contudo, para os dados normalizados pelo peso do músculo (figura 7D) foi verificada uma relação inversa ($r = 0,3810$; $p < 0,0008$) quando projetada em função do próprio peso.

4.3. Dados relativos à função diastólica

Os dados relativos à função diastólica são apresentados na tabela 3 e ilustrados na figura 9.

Tabela 3: Média \pm erro padrão da média dos parâmetros diastólicos obtidos em contrações isométricas dos músculos papilares anteriores do protocolo A (PA_A), dos músculos posteriores do protocolo A (PP_A), dos músculos anteriores do protocolo B (PA_B) e dos músculos posteriores do protocolo B (PP_B).

Variáveis	Protocolo A		Protocolo B	
	PA _A	PP _A	PA _B	PP _B
TR (g)	1,06 \pm 0,04 ^a	1,20 \pm 0,05 ^b	0,99 \pm 0,06 ^{ab}	1,44 \pm 0,07 ^c
TR (g/mm ²)	0,86 \pm 0,05 ^a	0,94 \pm 0,04 ^{ab}	0,84 \pm 0,06 ^a	1,17 \pm 0,09 ^b
TR (g/mg)	0,15 \pm 0,01 ^a	0,10 \pm 0,01 ^a	0,15 \pm 0,01 ^a	0,28 \pm 0,02 ^b
- dT/dt (g/s)	24 \pm 1,4 ^a	28 \pm 1,5 ^b	29 \pm 2,6 ^{ab}	25 \pm 2,1 ^a
- dT/dt (g/mm ² /s)	22 \pm 1,2 ^a	27 \pm 1,7 ^a	23 \pm 2,1 ^a	21 \pm 1,4 ^a
- dT/dt (g/mg/s)	4,10 \pm 0,34 ^a	3,23 \pm 0,29 ^a	4,53 \pm 0,40 ^a	4,84 \pm 0,50 ^a

TR: tensão de repouso, expressa em gramas (g), em gramas/milímetro quadrado (g/mm²) e em gramas/miligramma (g/mg). -dT/dt: valor máximo da primeira derivada temporal negativa das tensão desenvolvidas, expresso em gramas por segundo (g/s), em gramas por milímetro quadrado por segundo (g/mm²/s) e gramas por miligramma por segundo (g/mg/s).

Letras minúsculas iguais indicam médias sem diferenças estatisticamente significantes ($p \geq 0,05$). Letras minúsculas diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ($p < 0,05$).

Os valores da tensão de repouso antes de se proceder às correções (figura 8A) indicaram que PP_B (1,44 \pm 0,07 g) foi superior aos demais (PA_A: 1,06 \pm 0,04 g; PP_A: 1,20 \pm 0,05 g; PA_B: 0,99 \pm 0,06 g).

Quando os valores relativos à tensão diastólica foram corrigidos pela área seccional (figura 8B) os valores relativos aos papilares anteriores (PA_A: 0,86 \pm 0,05 g/mm² e PA_B: 0,84 \pm 0,06 g/mm²) não foram diferentes entre si e não diferiram do papilar posterior analisado com sua massa nativa (PP_A: 0,94 \pm 0,04 g/mm²). Contudo, os papilares anteriores tiveram menor tensão de repouso do que o papilar posterior analisado com massa miocárdica reduzida

(PP_B: 1,17 ± 0,09 g/mm²). Não foi verificada diferença entre os valores dos papilares posteriores estudados nos dois protocolos.

Quando os dados foram corrigidos pela massa do músculo, o papilar de menor massa atingiu valores (PP_B: 0,28 ± 0,02 g/mg) significativamente maiores em relação aos demais músculos (PA_A: 0,15 ± 0,01 g/mg; PP_A: 0,10 ± 0,01 g/mg; PA_B: 0,15 ± 0,01 g/mg). Não foram identificadas outras diferenças. Estes resultados são ilustrados na figura 8C.

A derivada negativa máxima de tensão expressa em valores absolutos assinalou valores mais elevados para PP_A (28 ± 1,5 g/s) em relação a PA_A (24 ± 1,4 g/s) e a PP_B (25 ± 2,1 g/s). PA_B (29 ± 2,6 g/s) alcançou valores que não diferiram de nenhum dos outros (figura 9A). A taxa negativa de variação de tensão não sofreu modificação com as variações de massa muscular, quando os dados são corrigidos pela área seccional (PA_A: 22 ± 1,2 g/mm²/s; PP_A: 27 ± 1,7 g/mm²/s; PA_B: 23 ± 2,1 g/mm²/s; PP_B: 21 ± 1,4 g/mm²/s) ou quando os dados foram corrigidos pela massa dos músculos (PA_A: 4,10 ± 0,34 g/mg/s; PP_A: 3,23 ± 0,29 g/mg/s; PA_B: 4,53 ± 0,40 g/mg/s; PP_B: 4,84 ± 0,50 g/mg/s) como pode ser visto nas figuras 9B e 9C.

4.4. Dados relativos às variáveis temporais

A tabela 4 e a figura 10 resumem os dados das variáveis temporais dos músculos papilares.

O tempo de contração (figura 10A) não sofreu modificação com as variações da massa muscular, (PA_A: 174 ± 3,6 ms; PP_A: 177 ± 4,4 ms; PA_B: 175 ± 5,5 ms; PP_B: 177 ± 1,9 ms). O mesmo fato, ausência de diferenças

estatísticas significantes, se repetiu quando foi analisado o tempo para a TD decair 50% (PA_A : $125 \pm 5,6$ ms; PP_A : $131 \pm 4,4$ ms; PA_B : $123 \pm 4,7$ ms; PP_B : $120 \pm 5,3$ ms), como pode ser visto na figura 10B.

Tabela 4: Média \pm erro padrão da média dos parâmetros temporais obtidos em contrações isométricas dos músculos papilares anteriores do protocolo A (PA_A), posteriores do protocolo A (PP_A), anteriores do protocolo B (PA_B) e posteriores do protocolo B (PP_B).

Variáveis	Protocolo A		Protocolo B	
	PA_A	PP_A	PA_B	PP_B
TPT (ms)	$174 \pm 3,6^a$	$177 \pm 4,4^a$	$175 \pm 5,5^a$	$177 \pm 1,9^a$
TR _{50%} (ms)	$125 \pm 5,6^a$	$131 \pm 4,4$	$123 \pm 4,7^a$	$120 \pm 5,3^a$

TPT: tempo para tensão desenvolvida atingir o seu pico, expressa em milisegundos (ms). TR_{50%} tempo para tensão desenvolvida decair 50%, expressa em milisegundos (ms). Letras minúsculas iguais indicam médias sem diferenças estatisticamente significantes ($p \geq 0,05$). Letras minúsculas diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$).

4.5. Dados verificados quando da variação do comprimento em repouso

4.5.1. Dados relativos à função sistólica

Quando as tensões desenvolvidas são projetadas em função dos comprimentos em repouso o mecanismo de Frank-Starling é representado. Estas avaliações foram realizadas considerando-se os dados originais, corrigidos pelas áreas de secção e pelas massas miocárdicas, tanto para o protocolo A, quanto para o protocolo B.

Para os dados verificados em sua forma absoluta, ou seja, sem correções, os músculos papilares de maior peso (PP_A) desenvolveram maior tensão em relação aos demais músculos (PA_A , PA_B e PP_B) em todos os percentuais de comprimentos (Tabela 5, Figura 11A).

Tabela 5: Comportamento da tensão desenvolvida expressa em valores absolutos (média e \pm erro padrão da média) dos músculos papilares anterior do protocolo A (PA_A), posterior do protocolo A (PP_A), anterior do protocolo B (PA_B) e posterior do protocolo B (PP_B) obtidos em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos, considerando o comprimento ótimo ($L_{máx}$) como 100%, para ambos os protocolos experimentais.

% de comprimento	Protocolo A (g)		Protocolo B (g)	
	PA_A	PP_A	PA_B	PP_B
92	$2,82 \pm 0,19^a$	$4,29 \pm 0,20^b$	$2,85 \pm 0,28^a$	$2,36 \pm 0,24^a$
94	$3,24 \pm 0,21^a$	$4,89 \pm 0,24^b$	$3,31 \pm 0,30^a$	$2,79 \pm 0,26^a$
96	$3,66 \pm 0,21^a$	$5,48 \pm 0,22^b$	$3,72 \pm 0,30^a$	$3,16 \pm 0,27^a$
98	$4,00 \pm 0,22^a$	$5,98 \pm 0,25^b$	$4,06 \pm 0,29^a$	$3,49 \pm 0,29^a$
100	$4,71 \pm 0,24^a$	$6,71 \pm 0,28^b$	$4,96 \pm 0,25^a$	$3,91 \pm 0,31^a$

Letras minúsculas iguais indicam médias sem diferenças estatisticamente significantes na comparação entre os grupos ($p \geq 0,05$). Letras minúsculas diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$) nas comparações entre os grupos.

A observação da tabela 6 e da figura 12B permite verificar que os valores da força normalizada para as áreas de secção obtidos com os músculos papilares de maior peso (PP_A) situam-se acima dos demais e à análise estatística verificou-se que as diferenças com os demais músculos são significantes. É perceptível, também, que os valores verificados para os músculos de pesos equivalentes (PA_A e PA_B) são muito semelhantes e a análise estatística não identificou diferença entre eles. Abaixo de todos estes valores, estão os dados correspondentes aos músculos de menor peso (PP_B). Embora inferiores aos valores de PP_A , eles não são diferentes de PA_A e PA_B .

Tabela 6: Comportamento das tensões desenvolvidas corrigidas pela área de secção transversa (média e \pm erro padrão da média) dos músculos papilares anterior do protocolo A (PA_A), posterior do protocolo A (PP_A), anterior do protocolo B (PA_B) e posterior do protocolo B (PP_B) obtidos em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos, considerando o comprimento ótimo (L_{máx}) como 100%, para ambos os protocolos experimentais.

% de comprimento	Protocolo A (g/mm ²)		Protocolo B (g/mm ²)	
	PA _A	PP _A	PA _B	PP _B
92	2,39 \pm 0,16 ^a	3,52 \pm 0,19 ^b	2,46 \pm 0,26 ^a	1,88 \pm 0,16 ^a
94	2,74 \pm 0,17 ^a	4,00 \pm 0,21 ^b	2,86 \pm 0,27 ^a	2,23 \pm 0,18 ^a
96	3,10 \pm 0,19 ^a	4,49 \pm 0,22 ^b	3,20 \pm 0,27 ^a	2,52 \pm 0,19 ^a
98	3,40 \pm 0,20 ^a	4,90 \pm 0,24 ^b	3,50 \pm 0,27 ^a	2,79 \pm 0,20 ^a
100	4,17 \pm 0,34 ^a	5,47 \pm 0,28 ^b	4,22 \pm 0,23 ^a	3,22 \pm 0,31 ^a

Letras minúsculas iguais indicam médias sem diferenças estatisticamente significantes na comparação entre os grupos ($p \geq 0,05$). Letras minúsculas diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$) nas comparações entre os grupos.

Quando os valores foram corrigidos pelo peso dos músculos, as diferenças descritas anteriormente desaparecem. Estes dados são apresentados na tabela 7 e na figura 12C.

Tabela 7: Comportamento das tensões desenvolvidas corrigidas pela massa muscular (média e \pm erro padrão da média) dos papilares anterior do protocolo A (PA_A), posterior do protocolo A (PP_A), anterior do protocolo B (PA_B) e posterior do protocolo B (PP_B) obtidos em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos, considerando o comprimento ótimo (L_{máx}) como 100%, para ambos os protocolos experimentais.

% de comprimento	Protocolo A (g/mg)		Protocolo B (g/mg)	
	PA _A	PP _A	PA _B	PP _B
92	0,46 \pm 0,03 ^a	0,47 \pm 0,03 ^a	0,44 \pm 0,04 ^a	0,45 \pm 0,06 ^a
94	0,53 \pm 0,03 ^a	0,54 \pm 0,04 ^a	0,51 \pm 0,05 ^a	0,54 \pm 0,07 ^a
96	0,60 \pm 0,04 ^a	0,61 \pm 0,04 ^a	0,57 \pm 0,04 ^a	0,61 \pm 0,07 ^a
98	0,66 \pm 0,04 ^a	0,66 \pm 0,05 ^a	0,63 \pm 0,04 ^a	0,67 \pm 0,08 ^a
100	0,73 \pm 0,09 ^a	0,68 \pm 0,05 ^a	0,74 \pm 0,05 ^a	0,76 \pm 0,09 ^a

Letras minúsculas iguais indicam médias sem diferenças estatisticamente significantes na comparação entre os grupos ($p \geq 0,05$). Letras minúsculas diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$) nas comparações entre os grupos.

A localização dos pontos estiramento/tensão desenvolvida no plano cartesiano obedeceu à distribuição linear muito satisfatória para as

avaliações relacionadas com a tensão desenvolvida. Quando os dados da TD são analisados em sua forma absoluta os valores dos coeficientes de correlação linear variaram entre o menor valor de 0,9892 (PP_B) e o maior valor de 0,9973 (PP_A). Corrigindo os valores pela área de secção os coeficientes variaram entre o menor valor de 0,9695 (PP_B) e o maior valor 0,9967 (PP_A). Quando a correção foi feita pela massa muscular, o maior e o menor valor de r foram 0,9961 (PP_A) e 0,9848 (PP_B) respectivamente.

Quando se consideram os coeficientes angulares das retas de Frank-Starling foram identificadas diferenças de comportamento entre os dados analisados (Tabela 8). Quando se consideram os valores da TD em sua forma absoluta, o coeficiente angular do músculo posterior de maior massa (PP_A: $0,27 \pm 0,02$ g/%L_{máx}) atingiu valores maiores do que os dos demais músculos (PA_A: $0,18 \pm 0,01$ g/%L_{máx}, PA_B: $0,19 \pm 0,01$ g/%L_{máx}, PA_B: $0,17 \pm 0,02$ g/%L_{máx}). Quando os dados são considerados em função da área de secção, os coeficientes angulares dos músculos papilares posteriores (PP_A: $0,22 \pm 0,04$ g/mm²/%L_{máx} e PP_B: $0,13 \pm 0,02$ g/mm²/%L_{máx}) diferem entre si; já os papilares anteriores (PA_A: $0,17 \pm 0,03$ e PA_B: $0,16 \pm 0,02$ g/mm²/%L_{máx}) não foram diferentes e foram iguais a PP_A. Quando a análise é feita utilizando-se a correção pela massa miocárdica as diferenças entre os coeficientes angulares das retas de Frank-Starling desaparecem (PA_A: $0,03 \pm 0,001$ g/mg/%L_{máx}, PP_A: $0,03 \pm 0,001$ g/mg/%L_{máx}, PA_B: $0,03 \pm 0,001$ g/mg/%L_{máx} e PP_B: $0,03 \pm 0,01$ g/mg/%L_{máx}).

Tabela 8: Dados expressos em média \pm erro padrão da média das inclinações das curvas das tensões desenvolvidas obtidas em contrações isométricas, expressos em gramas p^or milímetro quadrado (g/mm^2) e gramas p^or miligramas (g/mg), dos músculos papilares anteriores do protocolo A (PA_A), posteriores do protocolo A (PP_A), anteriores do protocolo B (PA_B) e posteriores do protocolo B (PP_B).

Variáveis	Protocolo A		Protocolo B	
	PA_A	PP_A	PA_B	PP_B
TD ($\text{g}/\% L_{\text{máx}}$)	$0,18 \pm 0,01^a$	$0,27 \pm 0,02^b$	$0,19 \pm 0,01^a$	$0,17 \pm 0,01^a$
TD ($\text{g}/\text{mm}^2/\% L_{\text{máx}}$)	$0,17 \pm 0,03^{ab}$	$0,22 \pm 0,04^b$	$0,16 \pm 0,02^{ab}$	$0,13 \pm 0,02^a$
TD ($\text{g}/\text{mg}/\% L_{\text{máx}}$)	$0,03 \pm 0,00^a$	$0,03 \pm 0,00^a$	$0,03 \pm 0,00^a$	$0,03 \pm 0,01^a$

Letras minúsculas iguais indicam médias sem diferenças estatisticamente significantes na comparação entre os grupos ($p \geq 0,05$). Letras minúsculas diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$) nas comparações entre os grupos.

O comportamento dos valores da $+dT/dt$ na forma absoluta (tabela 9 e figura 13 A) dos músculos PA_A , PA_B e PP_B em todos os comprimentos, foram iguais entre si e inferiores a PP_A .

Tabela 9: Comportamento das derivadas positivas expressa em valores absolutos (média e \pm erro padrão da média) dos músculos papilares anterior do protocolo A (PA_A), posteriores do protocolo A (PP_A), anteriores do protocolo B (PA_B) e posteriores do protocolo B (PP_B) obtidos em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos, considerando o comprimento ótimo ($L_{\text{máx}}$) como 100%, para ambos os protocolos experimentais.

% de comprimento	Protocolo A (g/s)		Protocolo B (g/s)	
	PA_A	PP_A	PA_B	PP_B
92	$32 \pm 2,2^a$	$48 \pm 1,9^b$	$33 \pm 4,7^a$	$30 \pm 2,9^a$
94	$36 \pm 2,2^a$	$54 \pm 2,0^b$	$39 \pm 5,5^a$	$34 \pm 3,1^a$
96	$40 \pm 2,2^a$	$60 \pm 2,2^b$	$44 \pm 5,5^a$	$37 \pm 3,2^a$
98	$43 \pm 2,3^a$	$64 \pm 2,2^b$	$48 \pm 5,6^a$	$38 \pm 3,3^a$
100	$49 \pm 2,3^a$	$70 \pm 2,5^b$	$52 \pm 1,3^a$	$39 \pm 3,7^a$

Letras minúsculas iguais indicam médias sem diferenças estatisticamente significantes na comparação entre os grupos ($p \geq 0,05$). Letras minúsculas diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$) nas comparações entre os grupos.

Os valores da $+dT/dt$ corrigidos pelas áreas de secção são apresentados na Tabela 10 e na figura 13B. É possível verificar que os valores de PP_A

situam-se acima dos demais. Nas demais comparações as diferenças não assumiram nível de significância.

Tabela 10: Comportamento das derivadas positivas corrigidas pela área de secção transversa (média e \pm erro padrão da média) dos músculos papilares anterior do protocolo A (PA_A), posterior do protocolo A (PP_A), anterior do protocolo B (PA_B) e posterior do protocolo B (PP_B) obtidos em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos, considerando o comprimento ótimo (L_{máx}) como 100%, para ambos os protocolos experimentais.

% de comprimento	Protocolo A (g/mm ² /s)		Protocolo B (g/mm ² /s)	
	PA _A	PP _A	PA _B	PP _B
92	27 \pm 1,9 ^a	39 \pm 2,0 ^b	29 \pm 4,2 ^a	24 \pm 2,1 ^a
94	30 \pm 2,1 ^a	44 \pm 2,1 ^b	34 \pm 5,1 ^a	27 \pm 2,2 ^a
96	34 \pm 2,2 ^a	49 \pm 2,3 ^b	38 \pm 5,1 ^a	31 \pm 2,2 ^a
98	37 \pm 2,3 ^a	52 \pm 2,4 ^b	41 \pm 5,2 ^a	33 \pm 2,3 ^a
100	43 \pm 3,4 ^a	57 \pm 2,7 ^b	44 \pm 1,4 ^a	32 \pm 3,6 ^a

Letras minúsculas iguais indicam médias sem diferenças estatisticamente significantes na comparação entre os grupos ($p \geq 0,05$). Letras minúsculas diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$) nas comparações entre os grupos.

Quando os dados de $+dT/dt$ são analisados como função da massa miocárdica, todas as diferenças desaparecem (tabela 9, Figura 13C).

Tabela 11: Comportamento das derivadas positivas corrigidas pela massa muscular (média e \pm erro padrão da média) dos papilares anterior do protocolo A (PA_A), posterior do protocolo A (PP_A), anterior do protocolo B (PA_B) e posterior do protocolo B (PP_B) obtidos em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos, considerando o comprimento ótimo (L_{máx}) como 100%, para ambos os protocolos experimentais.

% de comprimento	Protocolo A (g/mg/s)		Protocolo B (g/mg/s)	
	PA _A	PP _A	PA _B	PP _B
92	5,24 \pm 0,32 ^a	5,32 \pm 0,35 ^a	5,17 \pm 0,72 ^a	5,88 \pm 0,68 ^a
94	5,91 \pm 0,38 ^a	5,97 \pm 0,38 ^a	6,14 \pm 0,83 ^a	6,76 \pm 0,75 ^a
96	6,57 \pm 0,41 ^a	6,45 \pm 0,44 ^a	6,82 \pm 0,81 ^a	7,52 \pm 0,79 ^a
98	7,17 \pm 0,45 ^a	6,62 \pm 0,41 ^a	7,40 \pm 0,82 ^a	7,71 \pm 0,92 ^a
100	7,67 \pm 0,93 ^a	7,12 \pm 0,43 ^a	7,76 \pm 0,40 ^a	8,16 \pm 0,82 ^a

Letras minúsculas iguais indicam médias sem diferenças estatisticamente significantes na comparação entre os grupos ($p \geq 0,05$). Letras minúsculas diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$) nas comparações entre os grupos.

As distribuições dos pontos da $+dT/dt$ em função dos diferentes comprimentos musculares também foram lineares. Analisando os dados em sua forma absoluta os coeficientes de correlação variaram entre o menor valor de 0,9960 (PA_A) e o maior 0,9977 (PP_A). Quando os dados são analisados corrigindo a $+dT/dt$ pela área de secção, os coeficientes de correlação linear variaram entre o menor valor de 0,9847 (PA_A) e o maior valor 0,9962 (PP_A) e quando a correção foi feita pela massa muscular, o maior e o menor valor de r foram 0,9869 (PP_B) e 0,9979 (PA_B).

Tal como ocorreu com as análises da TD, as retas (tabela 12) compostas pelos valores da forma absoluta da $+dT/dt$, projetada em função dos valores percentuais de $L_{máx}$, tiveram maior inclinação para os músculos de PP_A ($2,62 \pm 0,19$ g/s/% $L_{máx}$) em relação aos dos demais (PA_A : $1,71 \pm 0,12$ g/s/% $L_{máx}$, PA_B : $2,03 \pm 0,23$ g/s/% $L_{máx}$ e PP_B : $1,78 \pm 0,16$ g/s/% $L_{máx}$). Quando os dados foram corrigidos pela área de secção, a inclinação da reta de PP_A ($2,16 \pm 0,36$ g/mm²/s/% $L_{máx}$) foi mais elevada do que as dos demais músculos (PA_A : $1,66 \pm 0,34$ g/mm²/s/% $L_{máx}$, PA_B : $1,37 \pm 0,34$ g/mm²/s/% $L_{máx}$ e PP_B : $1,26 \pm 0,36$ g/mm²/s/% $L_{máx}$). Quando os dados de $+dT/dt$ são corrigidos pelas massas musculares, as diferenças desaparecem (PA_A : $0,29 \pm 0,06$ g/mg/s/% $L_{máx}$; PP_A : $0,29 \pm 0,04$ g/mg/s/% $L_{máx}$; PA_B : $0,30 \pm 0,05$ g/mg/s/% $L_{máx}$; PP_B : $0,35 \pm 0,07$ g/mg/s/% $L_{máx}$).

Tabela 12: Dados expressos em média \pm erro padrão da média das inclinações das curvas das $+dT/dt$ obtidas em contrações isométricas, expressos em gramas por milímetro quadrado (g/mm^2) e gramas por miligramas (g/mg), dos músculos papilares anteriores do protocolo A (PA_A), posteriores do protocolo A (PP_A), anteriores do protocolo B (PA_B) e posteriores do protocolo B (PP_B).

Variáveis	Protocolo A		Protocolo B	
	PA_A	PP_A	PA_B	PP_B
$+dT/dt$ ($g/s/\% L_{m\acute{a}x}$)	$1,71 \pm 0,12^a$	$2,62 \pm 0,19^b$	$2,03 \pm 0,23^a$	$1,78 \pm 0,16^a$
$+dT/dt$ ($g/mm^2/s/\% L_{m\acute{a}x}$)	$1,66 \pm 0,34^a$	$2,16 \pm 0,36^b$	$1,37 \pm 0,34^a$	$1,26 \pm 0,36^a$
$+dT/dt$ ($g/mg/s/\% L_{m\acute{a}x}$)	$0,29 \pm 0,06^a$	$0,29 \pm 0,04^a$	$0,30 \pm 0,05^a$	$0,35 \pm 0,07^a$

Letras minúsculas iguais indicam médias sem diferenças estatisticamente significantes na comparação entre os grupos ($p \geq 0,05$). Letras minúsculas diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$) nas comparações entre os grupos.

4.5.2. Dados relativos à função diastólica

Na tabela 13 e na figura 14A é possível observar o comportamento das tensões diastólicas absolutas frente às porcentagens de estiramento dos músculos papilares. Notar que a tensão de repouso do papilar de menor massa (PP_B) foi mais elevada do que a dos demais músculos (PA_A , PP_A e PA_B) em todos os percentuais de estiramento.

Tabela 13: Comportamento das tensões de repouso em valores absolutos (média e \pm erro padrão da média) dos músculos papilares anterior do protocolo A (PA_A), posterior do protocolo A (PP_A), anterior do protocolo B (PA_B) e posterior do protocolo B (PP_B) obtidos em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos, considerando o comprimento ótimo ($L_{m\acute{a}x}$) como 100%, para ambos os protocolos experimentais.

% de comprimento	Protocolo A (g)		Protocolo B (g)	
	PA_A	PP_A	PA_B	PP_B
92	$0,06 \pm 0,01^a$	$0,08 \pm 0,02^a$	$0,09 \pm 0,02^a$	$0,10 \pm 0,02^b$
94	$0,09 \pm 0,01^a$	$0,13 \pm 0,02^a$	$0,13 \pm 0,02^a$	$0,16 \pm 0,03^b$
96	$0,15 \pm 0,01^a$	$0,22 \pm 0,02^a$	$0,18 \pm 0,03^a$	$0,24 \pm 0,03^b$
98	$0,31 \pm 0,03^a$	$0,40 \pm 0,02^a$	$0,31 \pm 0,03^a$	$0,42 \pm 0,03^b$
100	$1,06 \pm 0,04^a$	$1,20 \pm 0,05^a$	$0,99 \pm 0,06^a$	$1,44 \pm 0,07^b$

Letras minúsculas iguais indicam médias sem diferenças estatisticamente significantes na comparação entre os grupos ($p \geq 0,05$). Letras minúsculas diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$) nas comparações entre os grupos.

A observação da tabela 14 e da figura 14B permite verificar que os valores da tensão de repouso corrigidos pela área de secção dos músculos papilares posteriores do protocolo B (PP_B) situam-se acima dos demais músculos (PA_A, PP_A e PA_B) em todos os pontos percentuais do comprimento em repouso. Não se identificaram outras diferenças significantes nas demais comparações.

Tabela 14: Comportamento das tensões de repouso corrigidas pela área de secção transversa (média e \pm erro padrão da média) dos músculos papilares anterior do protocolo A (PA_A), posterior do protocolo A (PP_A), anterior do protocolo B (PA_B) e posterior do protocolo B (PP_B) obtidos em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos, considerando o comprimento ótimo (L_{máx}) como 100%, para ambos os protocolos experimentais.

% de comprimento	Protocolo A (g/mm ²)		Protocolo B (g/mm ²)	
	PA _A	PP _A	PA _B	PP _B
92	0,05 \pm 0,01 ^a	0,07 \pm 0,02 ^a	0,06 \pm 0,02 ^a	0,09 \pm 0,04 ^b
94	0,07 \pm 0,01 ^a	0,10 \pm 0,02 ^a	0,09 \pm 0,02 ^a	0,12 \pm 0,02 ^b
96	0,13 \pm 0,01 ^a	0,18 \pm 0,02 ^a	0,15 \pm 0,03 ^a	0,22 \pm 0,02 ^b
98	0,26 \pm 0,03 ^a	0,32 \pm 0,03 ^a	0,27 \pm 0,04 ^a	0,35 \pm 0,03 ^b
100	0,86 \pm 0,05 ^a	0,94 \pm 0,04 ^a	0,84 \pm 0,06 ^a	1,17 \pm 0,09 ^b

Letras minúsculas iguais indicam médias sem diferenças estatisticamente significantes na comparação entre os grupos ($p \geq 0,05$). Letras minúsculas diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$) nas comparações entre os grupos.

Quando os dados foram expressos com base nas massas musculares (tabela 15; figura 14C), os músculos PP_B manifestaram maior rigidez por miligrama em todos os pontos percentuais de L_{máx} quando comparados aos demais músculos (PA_A, PP_A e PA_B).

Tabela 15: Comportamento das tensões de repouso corrigidas pela massa muscular (média e \pm erro padrão da média) dos papilares anterior do protocolo A (PA_A), posterior do protocolo A (PP_A), anterior do protocolo B (PA_B) e posterior do protocolo B (PP_B) obtidos em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos, considerando o comprimento ótimo ($L_{m\acute{a}x}$) como 100%, para ambos os protocolos experimentais.

% de comprimento	Protocolo A (g/mg)		Protocolo B (g/mg)	
	PA_A	PP_A	PA_B	PP_B
92	$0,01 \pm 0,002^a$	$0,01 \pm 0,002^a$	$0,01 \pm 0,003^a$	$0,02 \pm 0,011^b$
94	$0,01 \pm 0,002^a$	$0,01 \pm 0,002^a$	$0,02 \pm 0,004^a$	$0,03 \pm 0,006^b$
96	$0,03 \pm 0,003^a$	$0,02 \pm 0,003^a$	$0,03 \pm 0,006^a$	$0,06 \pm 0,013^b$
98	$0,05 \pm 0,005^a$	$0,04 \pm 0,004^a$	$0,05 \pm 0,007^a$	$0,09 \pm 0,015^b$
100	$0,15 \pm 0,01^a$	$0,10 \pm 0,01^a$	$0,15 \pm 0,01^a$	$0,28 \pm 0,02^b$

Letras minúsculas iguais indicam médias sem diferenças estatisticamente significantes na comparação entre os grupos ($p \geq 0,05$). Letras minúsculas diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$) nas comparações entre os grupos.

Para todas as comparações os valores da constante K foram semelhantes entre si: nas análises realizadas com os valores da TR expressos em sua forma absoluta (PA_A : $0,343 \pm 0,019$ g/% $L_{m\acute{a}x}$; PP_{PA} : $0,308 \pm 0,020$ g/% $L_{m\acute{a}x}$; PA_B : $0,265 \pm 0,006$ g/% $L_{m\acute{a}x}$ e PP_B : $0,288 \pm 0,009$ g/% $L_{m\acute{a}x}$), quando os dados foram corrigidos pelas áreas de secção (PA_A : $0,353 \pm 0,019$ g/mm²//% $L_{m\acute{a}x}$, PP_A : $0,306 \pm 0,018$ g/mm²//% $L_{m\acute{a}x}$, PA_B : $0,264 \pm 0,054$ g/mm²//% $L_{m\acute{a}x}$; PP_B : $0,259 \pm 0,039$ g/s/% $L_{m\acute{a}x}$) e quando as correções foram feitas pelos pesos dos músculos (PA_A : $0,347 \pm 0,019$ g/mg/% $L_{m\acute{a}x}$; PP_A : $0,309 \pm 0,020$ g/mg/% $L_{m\acute{a}x}$; PA_B : $0,267 \pm 0,032$ g/mg/% $L_{m\acute{a}x}$; PP_B : $0,287 \pm 0,031$ g/mg/% $L_{m\acute{a}x}$).

Tabela 16: Dados expressos em média \pm erro padrão da média da inclinação das curvas das tensões de repouso obtidas em contrações isométricas, expressos em gramas p^or milímetro quadrado (g/mm^2) e gramas p^or miligramas (g/mg), dos músculos papilares anteriores do protocolo A (PA_A), posteriores do protocolo A (PP_A), anteriores do protocolo B (PA_B) e posteriores do protocolo B (PP_B).

Variáveis	Protocolo A		Protocolo B	
	PA_A	PP_A	PA_B	PP_B
TR ($\text{g}/\% L_{\text{máx}}$)	$0,343 \pm 0,019^a$	$0,308 \pm 0,020^a$	$0,265 \pm 0,006^a$	$0,288 \pm 0,009^a$
TR ($\text{g}/\text{mm}^2/\% L_{\text{máx}}$)	$0,353 \pm 0,019^a$	$0,306 \pm 0,018^a$	$0,264 \pm 0,054^a$	$0,259 \pm 0,039^a$
TR($\text{g}/\text{mg}/\% L_{\text{máx}}$)	$0,347 \pm 0,019^a$	$0,309 \pm 0,020^a$	$0,267 \pm 0,032^a$	$0,287 \pm 0,031^a$

Letras minúsculas iguais indicam médias sem diferenças estatisticamente significantes na comparação entre os grupos ($p \geq 0,05$). Letras minúsculas diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$) nas comparações entre os grupos.

Na tabela 17 e na figura 15A é possível observar o comportamento da $-dT/dt$, em sua forma absoluta, projetada em função das porcentagens de estiramento dos músculos papilares dos dois protocolos. Em todos os percentuais de comprimentos os músculos PA_A e PP_B desenvolveram valores inferiores aos músculos PP_A e PA_B que não diferiram entre si.

Tabela 17: Comportamento da derivada negativa em valores absolutos (média e \pm erro padrão da média) dos músculos papilares anterior do protocolo A (PA_A), posterior do protocolo A (PP_A), anterior do protocolo B (PA_B) e posterior do protocolo B (PP_B) obtidos em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos, considerando o comprimento ótimo ($L_{\text{máx}}$) como 100%, para ambos os protocolos experimentais.

% de comprimento	Protocolo A (g/s)		Protocolo B (g/s)	
	PA_A	PP_A	PA_B	PP_B
92	$21 \pm 1,6^a$	$24 \pm 1,3^b$	$23 \pm 2,2^{ab}$	$19 \pm 2,4^a$
94	$23 \pm 1,7^a$	$26 \pm 1,5^b$	$26 \pm 2,2^{ab}$	$22 \pm 2,5^a$
96	$23 \pm 1,5^a$	$27 \pm 1,3^b$	$27 \pm 2,3^{ab}$	$23 \pm 2,3^a$
98	$24 \pm 1,5^a$	$28 \pm 1,5^b$	$28 \pm 2,4^{ab}$	$24 \pm 2,2^a$
100	$24 \pm 1,4^a$	$28 \pm 1,5^b$	$29 \pm 2,6^{ab}$	$25 \pm 2,1^a$

Letras minúsculas iguais indicam médias sem diferenças estatisticamente significantes na comparação entre os grupos ($p \geq 0,05$). Letras minúsculas diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$) nas comparações entre os grupos.

Ao corrigir os valores pela área seccional (tabela 18 e figura 16B), não foram encontradas diferenças estatísticas.

Tabela 18: Comportamento das derivadas negativas corrigidas pela área de secção transversa (média e \pm erro padrão da média) dos músculos papilares anterior do protocolo A (PA_A), posterior do protocolo A (PP_A), anterior do protocolo B (PA_B) e posterior do protocolo B (PP_B) obtidos em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos, considerando o comprimento ótimo (L_{máx}) como 100%, para ambos os protocolos experimentais.

% de comprimento	Protocolo A (g/mm ² /s)		Protocolo B (g/mm ² /s)	
	PA _A	PP _A	PA _B	PP _B
92	18 \pm 1,8 ^a	20 \pm 2,1 ^a	20 \pm 1,4 ^a	15 \pm 2,1 ^a
94	19 \pm 2,1 ^a	22 \pm 2,2 ^a	22 \pm 1,6 ^a	17 \pm 2,3 ^a
96	20 \pm 1,9 ^a	24 \pm 1,9 ^a	23 \pm 1,6 ^a	18 \pm 2,0 ^a
98	20 \pm 2,0 ^a	25 \pm 2,3 ^a	23 \pm 1,7 ^a	19 \pm 1,9 ^a
100	22 \pm 1,2 ^a	27 \pm 1,7 ^a	23 \pm 2,1 ^a	21 \pm 1,4 ^a

Letras minúsculas iguais indicam médias sem diferenças estatisticamente significantes na comparação entre os grupos ($p \geq 0,05$). Letras minúsculas diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$) nas comparações entre os grupos.

Quando os dados são projetados em função da massa todas as diferenças anteriores desaparecem. A tabela 19 e a figura 15C ilustram, de maneira mais clara, os dados encontrados.

Tabela 19: Comportamento das derivadas negativas corrigidas pela massa muscular (média e \pm erro padrão da média) dos papilares anterior do protocolo A (PA_A), posterior do protocolo A (PP_A), anterior do protocolo B (PA_B) e posterior do protocolo B (PP_B) obtidos em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos, considerando o comprimento ótimo (L_{máx}) como 100%, para ambos os protocolos experimentais.

% de comprimento	Protocolo A (g/mg/s)		Protocolo B (g/mg/s)	
	PA _A	PP _A	PA _B	PP _B
92	3,49 \pm 0,30 ^a	2,78 \pm 0,25 ^a	3,65 \pm 0,33 ^a	3,78 \pm 0,53 ^a
94	3,81 \pm 0,31 ^a	3,03 \pm 0,30 ^a	4,08 \pm 0,34 ^a	4,28 \pm 0,59 ^a
96	4,01 \pm 0,34 ^a	3,15 \pm 0,27 ^a	4,31 \pm 0,36 ^a	4,53 \pm 0,54 ^a
98	4,13 \pm 0,35 ^a	3,20 \pm 0,29 ^a	4,49 \pm 0,38 ^a	4,71 \pm 0,53 ^a
100	4,10 \pm 0,34 ^a	3,23 \pm 0,29 ^a	4,53 \pm 0,40 ^a	4,84 \pm 0,50 ^a

Letras minúsculas iguais indicam médias sem diferenças estatisticamente significantes na comparação entre os grupos ($p \geq 0,05$). Letras minúsculas diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$) nas comparações entre os grupos.

Para os diferentes pontos de estiramento, os valores da $-dT/dt$ distribuíram-se de forma linear. Quando os dados são analisados em sua forma

absoluta os valores de r variaram entre o menor valor 0,9488 (PA_B) e o maior valor 0,9911 (PA_A). Corrigindo a $-dT/dt$ pela área de secção, os coeficientes de correlação linear variaram entre os valores de 0,9939 (PA_A) e 0,9659 (PP_B). Quando a correção foi feita pela massa muscular, o maior e o menor valor de r foram 0,9853 (PA_A) e 0,9548 (PA_B) respectivamente.

As inclinações das retas para os dados absolutos, corrigidos pela AS e pela massa dos papilares não foram diferentes entre si, como pode ser visto na tabela 20.

Tabela 20: Dados expressos em média \pm erro padrão da média das inclinações das curvas da $-dT/dt$ obtidas em contrações isométricas, expressos em gramas por milímetro quadrado (g/mm^2) e gramas por miligramas (g/mg), dos músculos papilares anteriores do protocolo A (PA_A), posteriores do protocolo A (PP_A), anteriores do protocolo B (PA_B) e posteriores do protocolo B (PP_B).

Variáveis	Protocolo A		Protocolo B	
	PA_A	PP_A	PA_B	PP_B
$-dT/dt$ ($g/s/\% L_{máx}$)	$0,45 \pm 0,08^a$	$0,60 \pm 0,16^a$	$0,68 \pm 0,19^a$	$0,67 \pm 0,15^a$
$-dT/dt$ ($g/mm^2/s/\% L_{máx}$)	$0,44 \pm 0,15^a$	$0,49 \pm 0,22^a$	$0,56 \pm 0,29^a$	$0,51 \pm 0,23^a$
$-dT/dt$ ($g/mg/s//\% L_{máx}$)	$0,08 \pm 0,03^a$	$0,06 \pm 0,03^a$	$0,10 \pm 0,06^a$	$0,12 \pm 0,06^a$

Letras minúsculas iguais indicam médias sem diferenças estatisticamente significantes na comparação entre os grupos ($p \geq 0,05$). Letras minúsculas diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$) nas comparações entre os grupos.

4.5.3. Variáveis temporais

Os valores do TPT estão apresentados na tabela 21 e figura 16A. Por razões de ordem lógica, os dados de TPT não foram corrigidos para a área de secção ou massa. Não foi encontrada diferenças entre os músculos papilares em todos os comprimentos de L_{max} .

Tabela 21: Comportamento do TPT (média e \pm erro padrão da média) dos músculos papilares anterior do protocolo A (PA_A), posterior do protocolo A (PP_A), anterior do protocolo B (PA_B) e posterior do protocolo B (PP_B) obtidos em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos a partir do comprimento ótimo para ambos os protocolos experimentais.

% de comprimento	Protocolo A (ms)		Protocolo B (ms)	
	PA_A	PP_A	PA_B	PP_B
92	167 \pm 2,0 ^a	172 \pm 2,0 ^a	167 \pm 1,4 ^a	167 \pm 1,6 ^a
94	169 \pm 3,5 ^a	172 \pm 1,9 ^a	169 \pm 3,3 ^a	169 \pm 2,0 ^a
96	171 \pm 2,5 ^a	174 \pm 3,1 ^a	170 \pm 3,7 ^a	172 \pm 2,3 ^a
98	172 \pm 1,9 ^a	177 \pm 4,5 ^a	173 \pm 2,4 ^a	175 \pm 1,4 ^a
100	174 \pm 3,6 ^a	177 \pm 4,4 ^a	175 \pm 5,5 ^a	177 \pm 1,9 ^a

Letras minúsculas iguais indicam médias sem diferenças estatisticamente significantes na comparação entre os grupos ($p \geq 0,05$). Letras minúsculas diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$) nas comparações entre os grupos.

De forma semelhante ao comportamento do TPT, os valores dos músculos papilares não diferiram entre si em todos os percentuais de comprimento. Os dados do tempo para que a TD diminuísse 50% estão resumidos na tabela 18 e ilustrados na figura 16B.

Tabela 22: Comportamento do tempo para tensão desenvolvida decair 50% dos músculos papilares anterior do protocolo A (PA_A), posterior do protocolo A (PP_A), anterior do protocolo B (PA_B) e posterior do protocolo B (PP_B) obtidos em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos a partir do comprimento ótimo para ambos os protocolos experimentais.

% de comprimento	Protocolo A (ms)		Protocolo B (ms)	
	PA_A	PP_A	PA_B	PP_B
92	118 \pm 2,7	121 \pm 2,1	120 \pm 7,8	115 \pm 1,3
94	120 \pm 4,1	123 \pm 4,8	122 \pm 6,0	116 \pm 5,1
96	120 \pm 5,5	125 \pm 2,4	123 \pm 6,2	117 \pm 5,1
98	122 \pm 5,2	126 \pm 5,0	123 \pm 9,0	118 \pm 1,4
100	125 \pm 5,6	131 \pm 4,4	123 \pm 4,7	120 \pm 5,3

Letras minúsculas iguais indicam médias sem diferenças estatisticamente significantes na comparação entre os grupos ($p \geq 0,05$). Letras minúsculas diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$) nas comparações entre os grupos.

Verificou-se que os coeficientes de correlação linear do TPT variaram entre valores de 0,9971 (PP_B) e 0,9645 (PA_A), com elevadas significâncias das correlações, o mesmo com o $TR_{50\%}$ com os r variando entre 0,8488 (PA_B) e

0,9948 (PP_B). Dado que a correlação é positiva, fica caracterizado que o TPT e o TR_{50%} se elevam conforme o comprimento em repouso é aumentado.

Não diferente dos dados já reportados, as inclinações das curvas tanto do TPT quanto do TR_{50%} não foram diferentes si.

Tabela 23: Dados expressos em média \pm erro padrão da média da inclinação das curvas dos dos parâmetros temporais dos músculos papilares anterior do protocolo A (PA_A), posterior do protocolo A (PP_A), anterior do protocolo B (PA_B) e posterior do protocolo B (PP_B) para ambos os protocolos experimentais.

Variáveis	Protocolo A		Protocolo B	
	PA _A	PP _A	PA _B	PP _B
TPT (ms)	0,86 \pm 0,81 ^a	0,61 \pm 1,27 ^a	0,64 \pm 1,83 ^a	0,78 \pm 2,11 ^a
TR ₅₀ (ms)	0,97 \pm 1,06 ^a	1,21 \pm 1,55 ^a	0,39 \pm 2,22 ^a	0,55 \pm 2,18 ^a

Letras minúsculas iguais indicam médias sem diferenças estatisticamente significantes na comparação entre os grupos ($p \geq 0,05$). Letras minúsculas diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$) nas comparações entre os grupos.

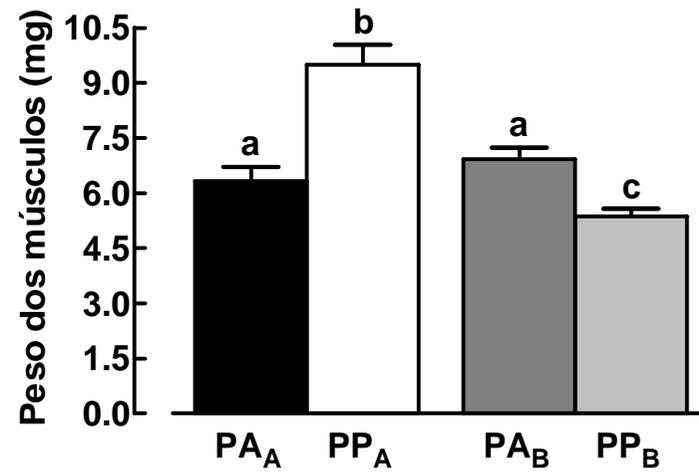


Figura 1

Dados relativos ao peso (mg) dos músculos papilares expressos em média \pm erro padrão da média. Letras minúsculas iguais indicam médias sem diferenças estatisticamente significantes ($p \geq 0,05$). Letras minúsculas diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ($p < 0,05$).

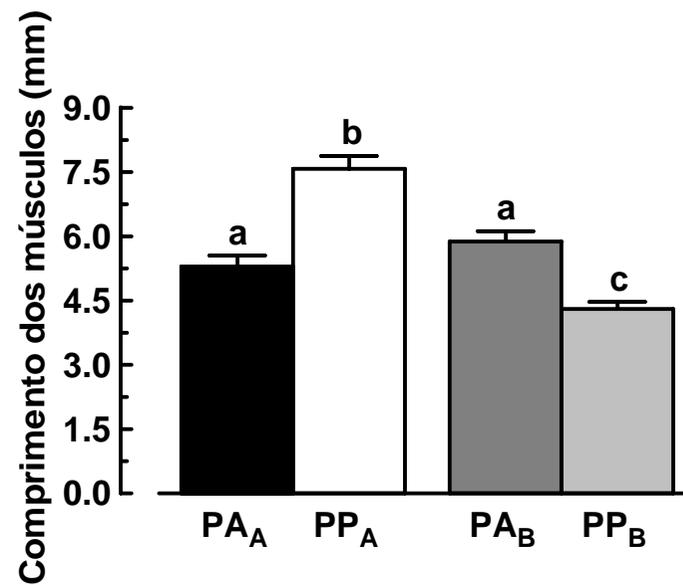


Figura 2

Dados relativos ao comprimento (mm) dos músculos papilares expressos em média \pm erro padrão da média. Letras minúsculas iguais indicam médias sem diferenças estatisticamente significantes ($p \geq 0,05$). Letras minúsculas diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ($p < 0,05$).

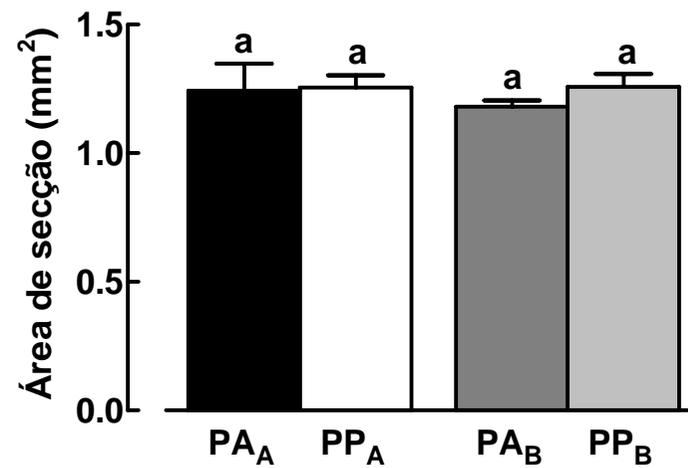
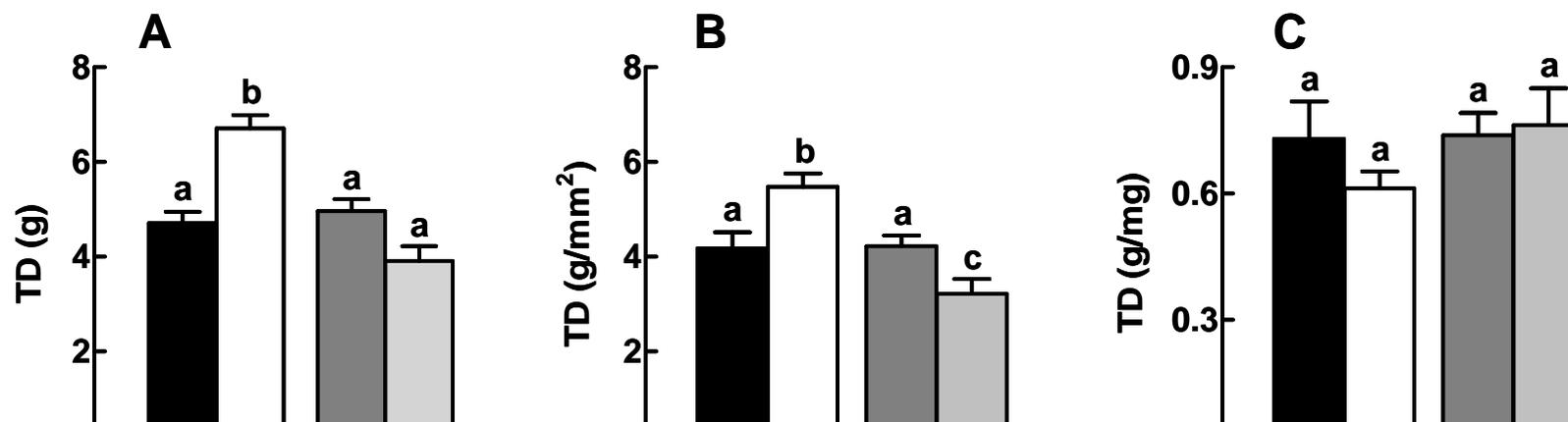


Figura 3

Dados relativos a área de secção (mm²) dos músculos papilares expressos em média \pm erro padrão da média. Letras minúsculas iguais indicam médias sem diferenças estatisticamente significantes ($p \geq 0,05$). Letras minúsculas diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ($p < 0,05$).

Figura 4

Painel A: valores relativos a TD absoluta expressos em g (em média \pm erro padrão da média). Painel B: valores relativos a TD (em média \pm erro padrão da média) corrigidos pela AS expressos em g/mm². Painel C: valores relativos a TD (em média \pm erro padrão da média) corrigidos pelo peso do músculo expressos em g/mg. Letras minúsculas iguais indicam médias sem diferenças estatisticamente significantes ($p \geq 0,05$). Letras minúsculas diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ($p < 0,05$).



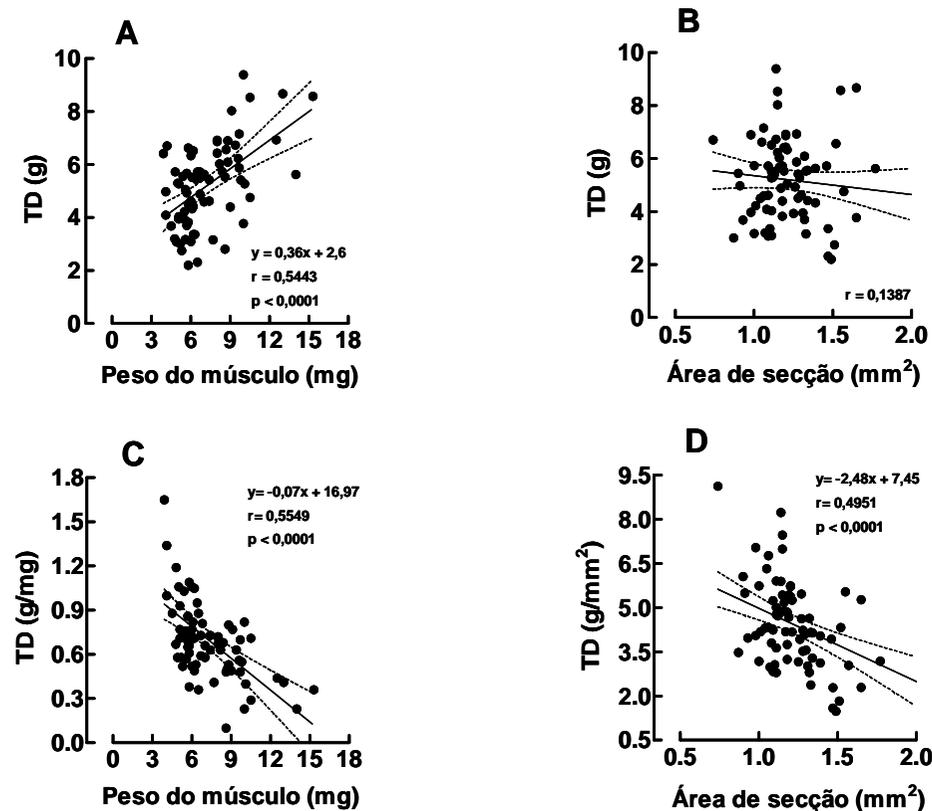


Figura 5

Painel A: dispersão e regressão linear ($\pm 95\%$ do intervalo de confiança) que relaciona a TD (g) com o peso dos músculos papilares (mg). Painel B: dispersão e regressão linear ($\pm 95\%$ do intervalo de confiança) que relaciona a TD (g) com a AS expressa em (mm²) dos músculos papilares. Painel C: dispersão e regressão linear ($\pm 95\%$ do intervalo de confiança) que relaciona a TD (g/mg) normalizada pelo peso dos músculos com o peso dos músculos papilares (mg). Painel D: dispersão e regressão linear ($\pm 95\%$ do intervalo de confiança) que relaciona a TD (g/mm²) com a AS expressa em (mm²) dos músculos papilares.

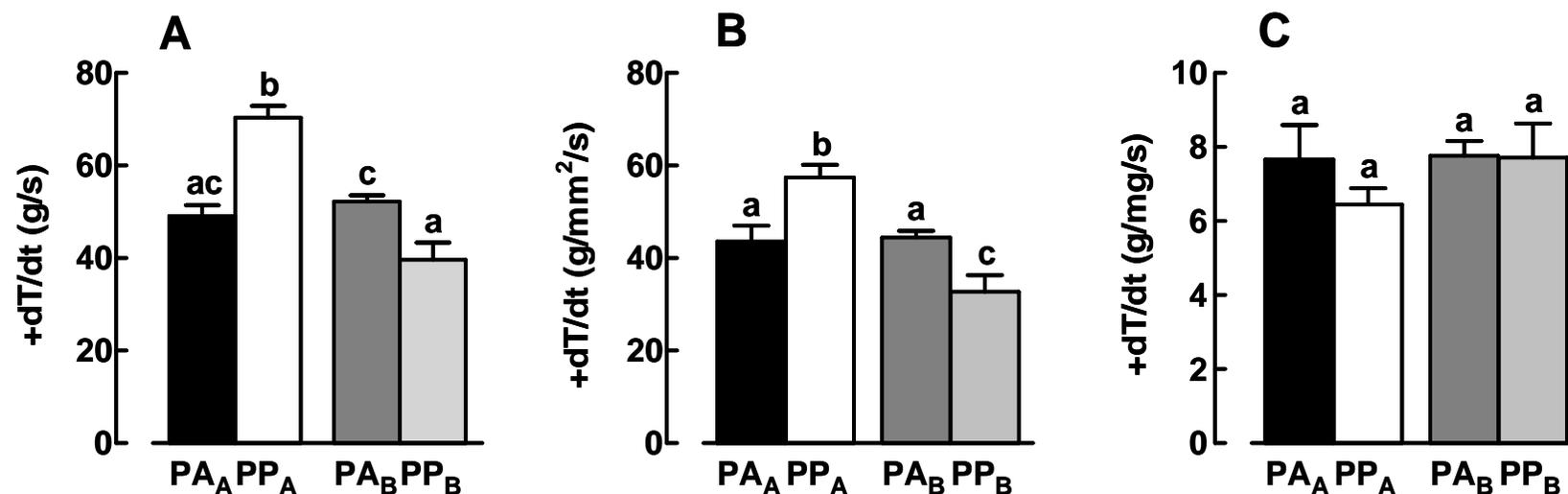


Figura 6

Painel A: valores relativos a +dT/dt absoluta expressos em g/s (em media \pm erro padrão da media). Painel B: valores relativos a +dT/dt (em media \pm erro padrão da media) corrigidos pela AS expressos em g/mm²/s. Painel C: valores relativos a +dT/dt (em media \pm erro padrão da media) corrigidos pelo peso do músculo expressos em g/mg/s. Letras minúsculas iguais indicam médias sem diferenças estatisticamente significantes ($p \geq 0,05$). Letras minúsculas diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ($p < 0,05$).

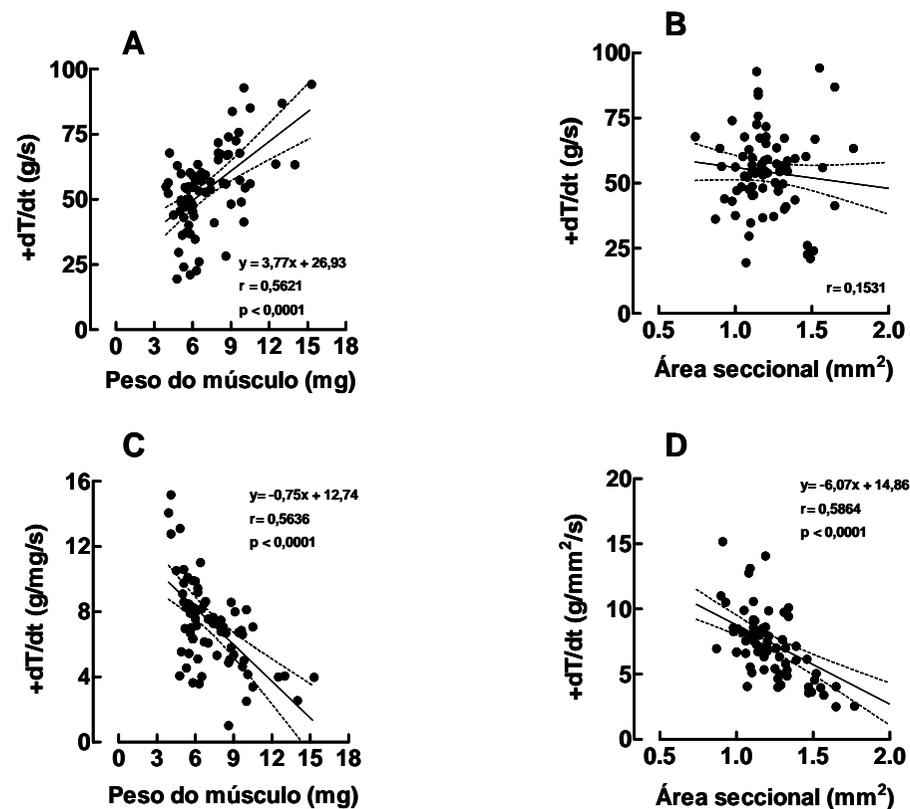


Figura 7

Painel A: dispersão e regressão linear ($\pm 95\%$ do intervalo de confiança) que relaciona a $+dT/dt$ (g/s) com o peso dos músculos papilares (mg). Painel B: dispersão e regressão linear ($\pm 95\%$ do intervalo de confiança) que relaciona a $+dT/dt$ (g/s) com a AS expressa em (mm^2) dos músculos papilares. Painel C: dispersão e regressão linear ($\pm 95\%$ do intervalo de confiança) que relaciona a $+dT/dt$ (g/mg/s) normalizada pelo peso dos músculos com o peso dos músculos papilares (mg). Painel D: dispersão e regressão linear ($\pm 95\%$ do intervalo de confiança) que relaciona a $+dT/dt$ ($\text{g}/\text{mm}^2/\text{s}$) com a AS expressa em (mm^2) dos músculos papilares.

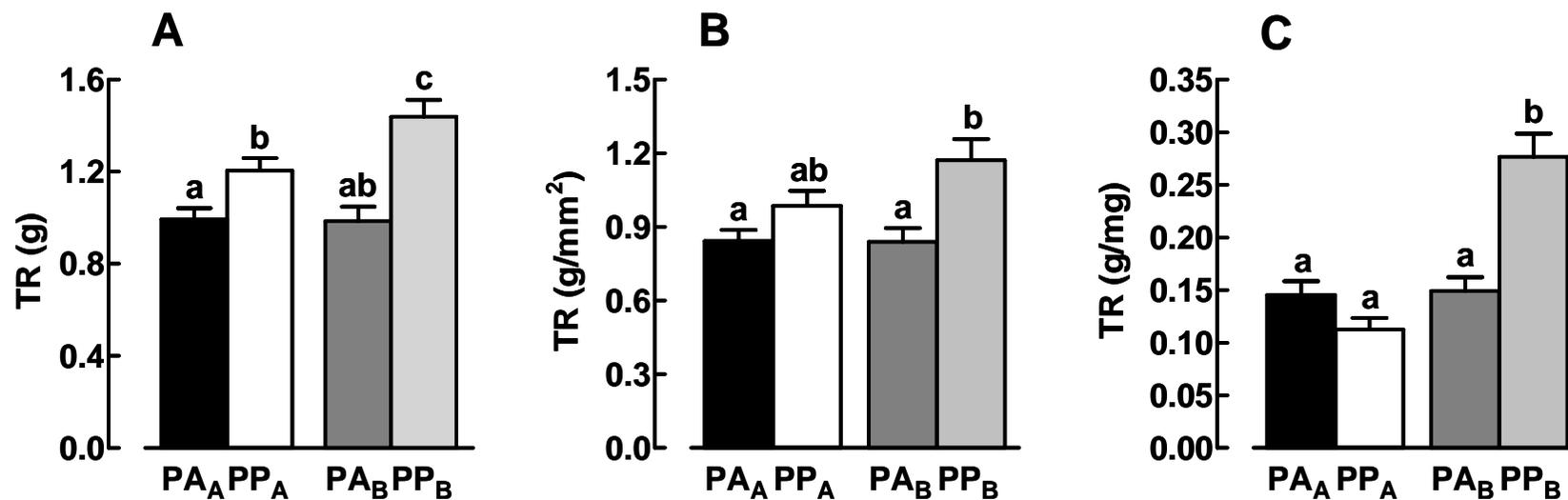


Figura 8

Panel A: valores relativos a TR absoluta expressos em g (em média \pm erro padrão da média). Panel B: valores relativos a TR (em média \pm erro padrão da média) corrigidos pela AS expressos em g/mm². Panel C: valores relativos a TR (em média \pm erro padrão da média) corrigidos pelo peso do músculo expressos em g/mg. Letras minúsculas iguais indicam médias sem diferenças estatisticamente significantes ($p \geq 0,05$). Letras minúsculas diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ($p < 0,05$).

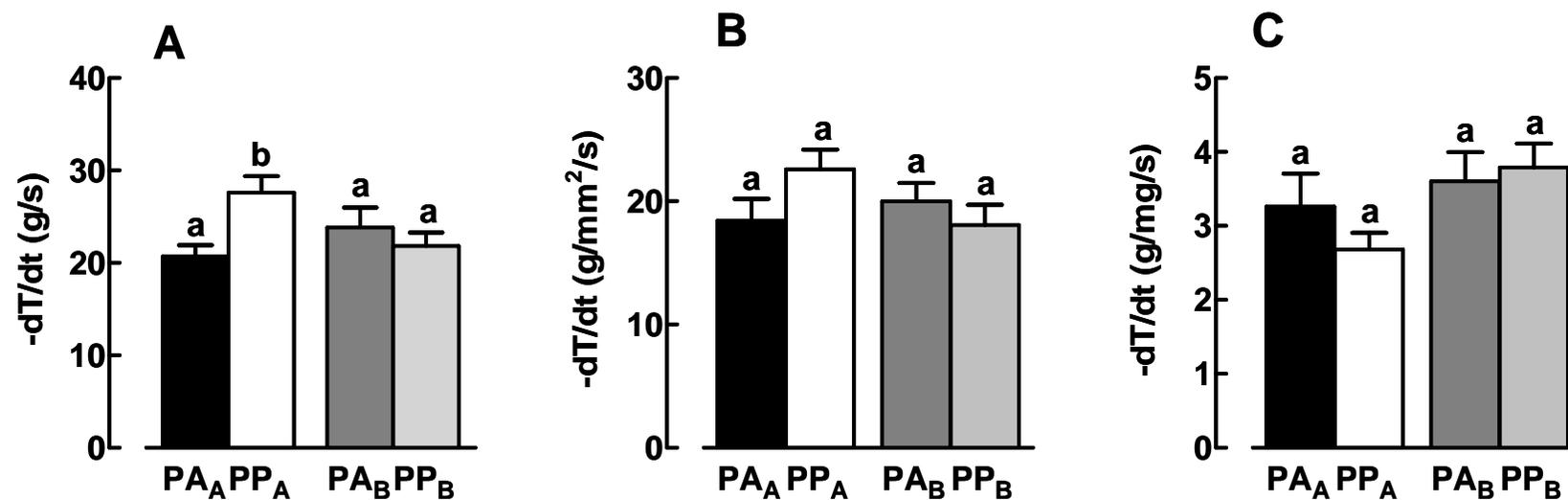


Figura 9

Panel A: valores relativos a $-dT/dt$ absoluta expressos em g/s (em média \pm erro padrão da média). Panel B: valores relativos a $-dT/dt$ (em média \pm erro padrão da média) corrigidos pela AS expressos em g/mm²/s. Panel C: valores relativos a $-dT/dt$ (em média \pm erro padrão da média) corrigidos pelo peso do músculo expressos em g/mg/s. Letras minúsculas iguais indicam médias sem diferenças estatisticamente significantes ($p \geq 0,05$). Letras minúsculas diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ($p < 0,05$).

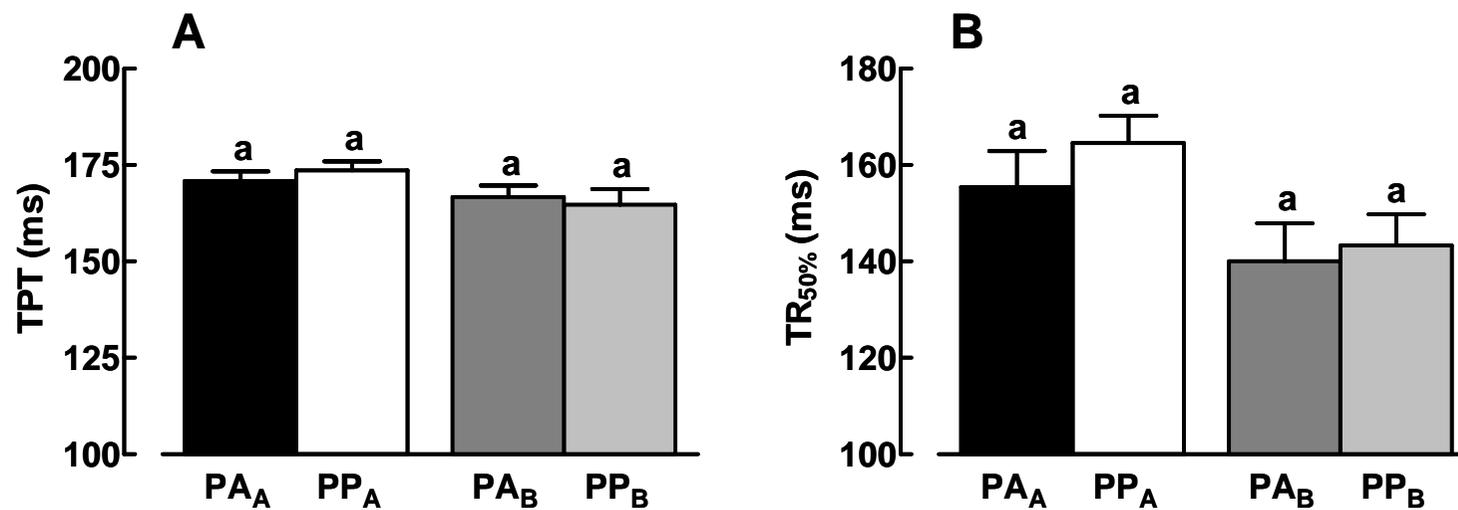


Figura 10

Painel A: valores relativos ao TPT (em media \pm erro padrão da media) expressos em ms. Painel B: valores relativos a TR_{50%} (em media \pm erro padrão da media) expressos em ms.

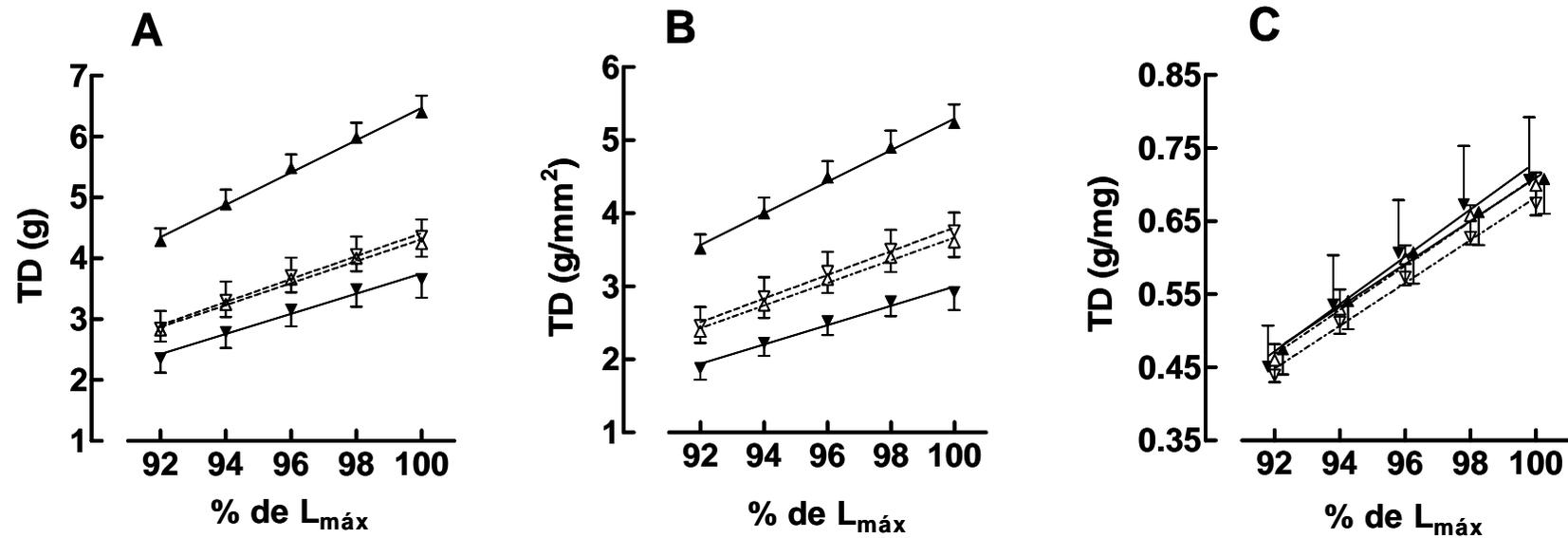


Figura 11

Comportamento da TD obtidas em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos a partir do comprimento ótimo para ambos os protocolos experimentais, para os músculos papilares anterior do protocolo A (Δ), posterior do protocolo A (\blacktriangle), anterior do protocolo B (∇) e posterior do protocolo B (\blacktriangledown). Painel A: dados absolutos (média e \pm erro padrão da média) expressos em g. Painel B: dados corrigidos pela área seccional (média e \pm erro padrão da média) expressos em g/mm². Painel C: dados corrigidos pelo peso dos músculos (média e \pm erro padrão da média) expressos em g/mg.

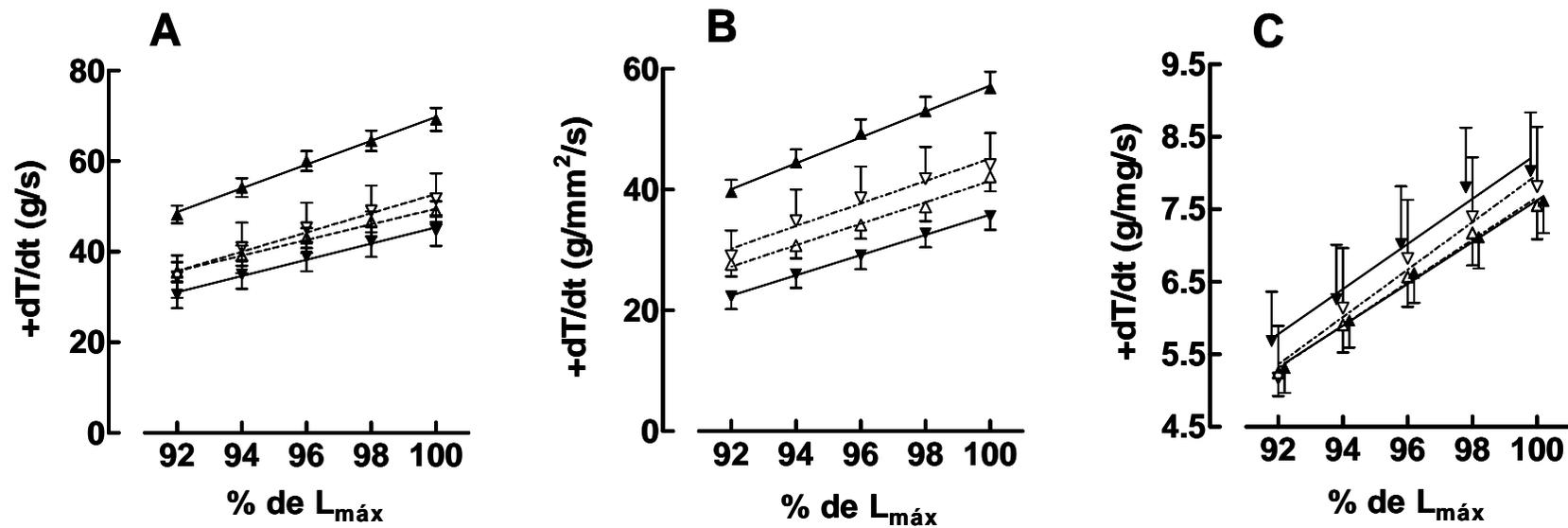


Figura 12

Comportamento da $+dT/dt$ obtidas em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos a partir do comprimento ótimo para ambos os protocolos experimentais, para os músculos papilares anterior do protocolo A (Δ), posterior do protocolo A (\blacktriangle), anterior do protocolo B (∇) e posterior do protocolo B (\blacktriangledown). Painel A: dados absolutos (média e \pm erro padrão da média) expressos em g/s. Painel B: dados corrigidos pela área seccional (média e \pm erro padrão da média) expressos em g/mm²/s. Painel C: dados corrigidos pelo peso dos músculos (média e \pm erro padrão da média) expressos em g/mg/s.

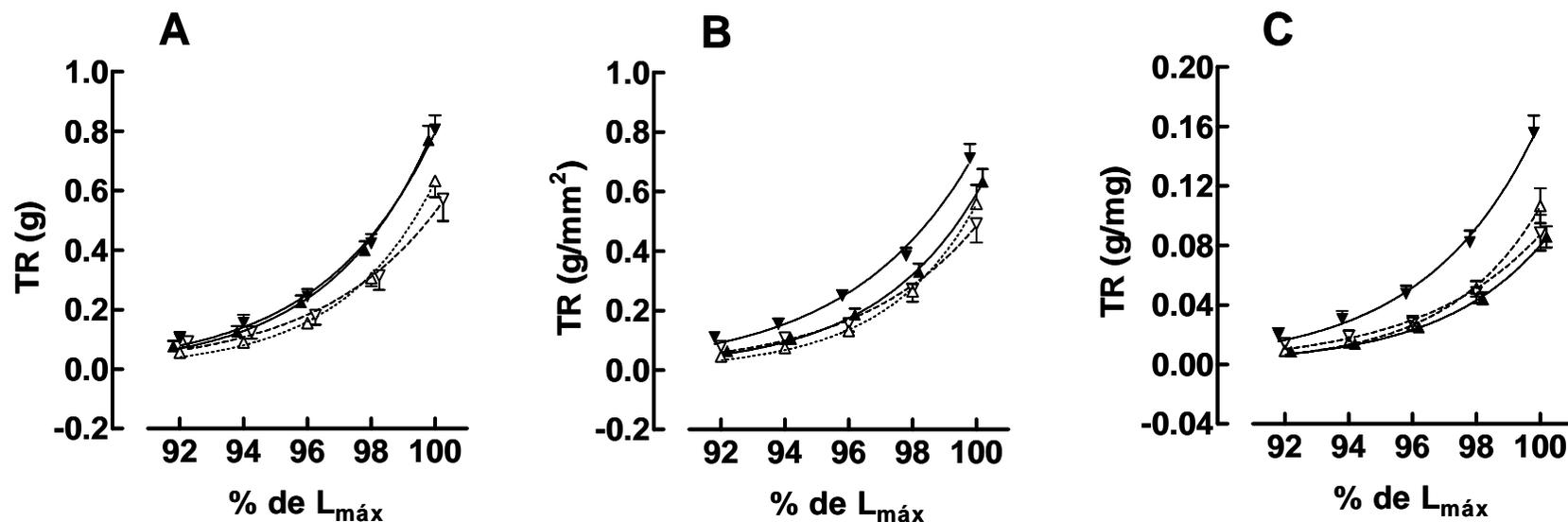


Figura 13

Comportamento da TR obtidas em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos a partir do comprimento ótimo para ambos os protocolos experimentais, para os músculos papilares anterior do protocolo A (Δ), posterior do protocolo A (\blacktriangle), anterior do protocolo B (∇) e posterior do protocolo B (\blacktriangledown). Painel A: dados absolutos (média e \pm erro padrão da média) expressos em g. Painel B: dados corrigidos pela área seccional (média e \pm erro padrão da média) expressos em g/mm². Painel C: dados corrigidos pelo peso dos músculos (média e \pm erro padrão da média) expressos em g/mg.

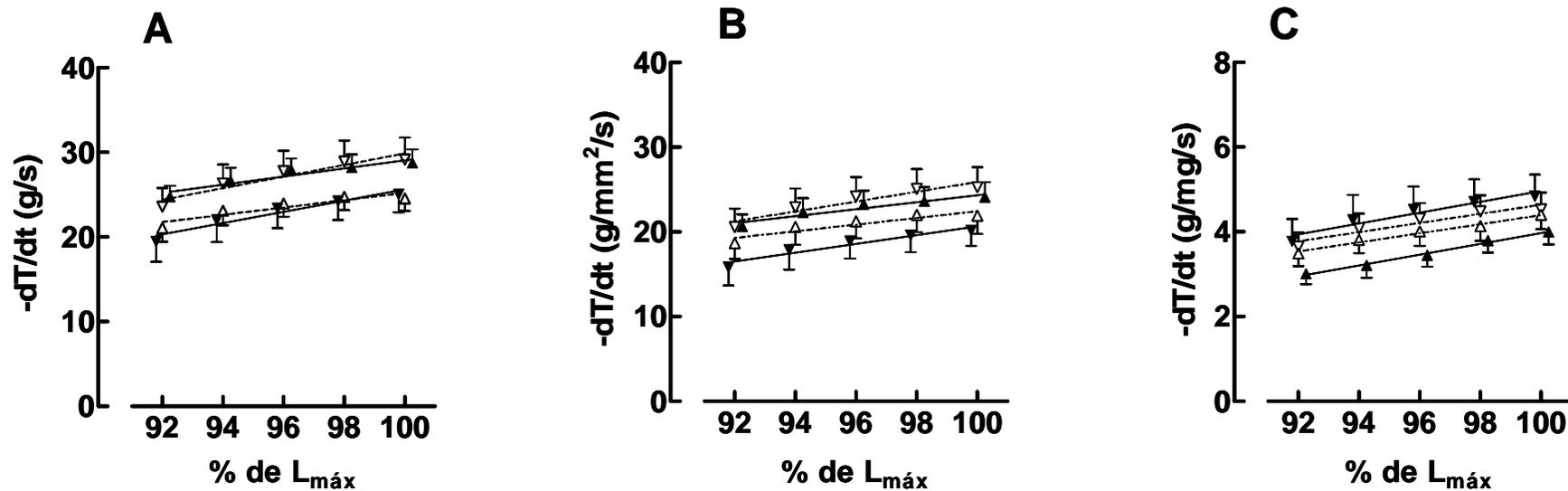


Figura 14

Comportamento da $-dT/dt$ obtidas em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos a partir do comprimento ótimo para ambos os protocolos experimentais, para os músculos papilares anterior do protocolo A (Δ), posterior do protocolo A (\blacktriangle), anterior do protocolo B (∇) e posterior do protocolo B (\blacktriangledown). Painel A: dados absolutos (média e \pm erro padrão da média) expressos em g/s. Painel B: dados corrigidos pela área seccional (média e \pm erro padrão da média) expressos em g/mm²/s. Painel C: dados corrigidos pelo peso dos músculos (média e \pm erro padrão da média) expressos em g/mg/s.

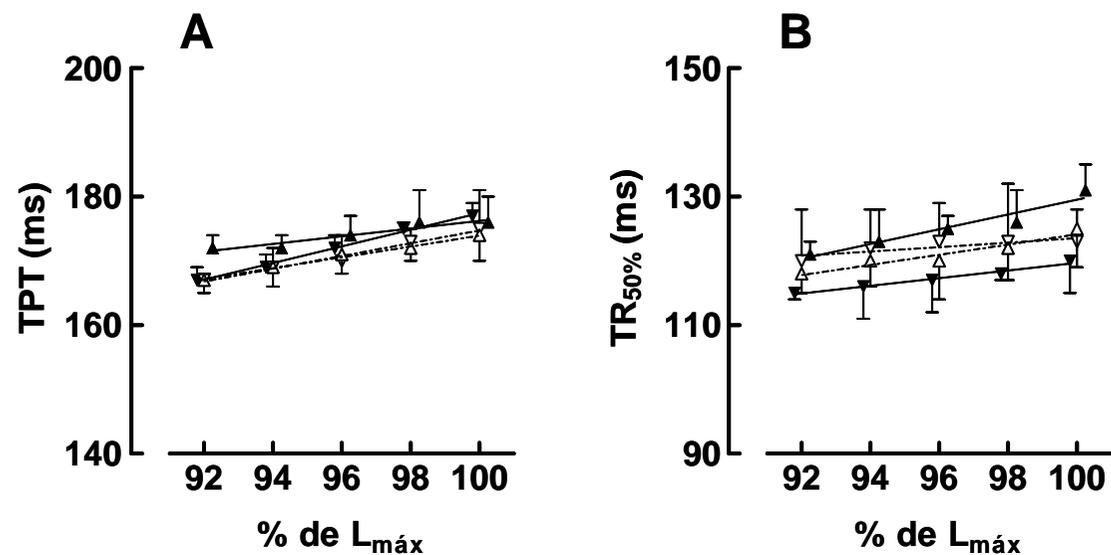


Figura 15

Comportamento das variáveis temporais obtidas em contrações isométricas em diferentes percentuais de comprimentos a partir do comprimento ótimo para ambos os protocolos experimentais, para os músculos papilares anterior do protocolo A (△), posterior do protocolo A (▲), anterior do protocolo B (▽) e posterior do protocolo B (▼). Painel A: dados correspondente ao TPT (média e \pm erro padrão da média) expressos em ms. Painel B: dados correspondente ao TR_{50%} (média e \pm erro padrão da média) expressos em ms.

5. DISCUSSÃO

5.1. Sobre a preparação do músculo papilar

Dentre as preparações utilizadas “in vitro” para avaliação da mecânica miocárdica, a do músculo papilar vem sendo estudada por muitas décadas (ABBOTT & MOMMAERTS, 1959; SONNENBLICK, 1962; HENDERSON et al., 1969; EDMAN & JÓHANNSSON, 1976; ALLEN 1977; CAPASSO et al., 1982; DONALD et al., 1980; CHIU et al., 1987; JANSSEN et al., 1997; FIORETTO et al., 1997; SYS et al., 1998; SHAH et al., 1998; BORNIK et al., 2001; ARVOLA et al., 2002; OKOSHI et al., 2004; SCHWERTZ et al., 2004; VANDENBOOM et al., 2005). Este método pode ser considerado bastante fiel para as avaliações da função mecânica do miocárdio. Possibilita o domínio de variáveis fundamentais para o estudo da função mecânica do miocárdio – comprimento em repouso, força desenvolvida e encurtamento – e constitui método simples na sua aplicação (PARMLEY et al., 1985; CONRAD et al., 1991; BERS, 1997; SHAH et al., 1998; SYS et al., 1998; BARCLAY et al., 2003; WIDÉN & BARCLAY, 2005). Esta técnica tornou-se importante método de avaliação da performance miocárdica (HUNTSMAN et al., 1977; MADU et al., 2001; AXEL, 2004), particularmente, depois que ficou claro que a forma e o tamanho da cavidade ventricular influenciam fortemente o desempenho cardíaco e podem distorcer a análise da função do miocárdio. A partir da década de 70 foram apontadas limitações a este tipo de abordagem e sua validade foi questionada. Assim, foi apontado como um inconveniente a ser levado em conta o fato da preparação, tal como é instalada, incluir um grande componente elástico. Devido a lesões nas extremidades do músculo pelo sistema de sua apreensão,

criam-se regiões lesadas nos extremos, não contráteis, que se comportam como importantes componentes elásticos, capazes de condicionar encurtamento significativo de 12%, ou mais, do segmento central – íntegro – durante a contração (JULIAN & SOLLINS, 1975; KRUEGER & POLLACK, 1975; WIGNER & BING, 1977; DONALD et al., 1980; de TOMBE & ter KEURS, 1991; SHAH et al., 1998; BRADY, 1991). Esta particularidade excluiria a ocorrência de contração isométrica, que é um pressuposto metodológico da técnica.

Outra limitação considerada diz respeito aos estoques de substratos, gradientes de concentrações de sais e de oxigênio e acúmulo de metabólitos, tais como fosfatos inorgânicos (KENTISH & JEWELL, 1984, SHAH et al., 1998; WIDÉN & BARCLAY, 2005). Esta particularidade relaciona-se com a área de secção dos músculos. Quanto maior a área de secção do músculo mais se intensificam estas questões que estão relacionadas com a difusão através do músculo. Neste particular, especial interesse é voltado para as implicações da área de secção para a oxigenação da parte central do músculo. Hill (1929), estudando a difusão de oxigênio e de ácido láctico através dos tecidos, definiu a existência de um raio crítico dos músculos: seria o raio do maior músculo cujo núcleo central permanece bem oxigenado. Frezza & Bing (1976), promovendo bloqueio da via glicolítica em músculos papilares, obtiveram resultados concordantes com a idéia de que pode ocorrer hipóxia no núcleo central dos músculos. Esta circunstância motivou providências que visam superar o inconveniente da espessura excessiva dos papilares. PARADISE et al (1976) sugerem que o valor crítico máximo para a espessura dos músculos seria área

de secção de 1,76 mm². Contudo, estas idéias não são universalmente aceitas. Ao lado destes, outros autores desconsideraram a necessidade de limitar a área de secção dos papilares (GEENEN et al., 1987; LEITE et al., 1988; WAGNER et al., 1997; MILL et al., 1998; SJAASTAD et al., 2005). Outra providência recomendada para se superar este possível inconveniente é estabelecer pressões parciais de oxigênio que não sejam inferiores a 550 mmHg (KRUEGER & POLLACK, 1975; FREZZA & BING, 1976; DONALD et al., 1980; Ter KEURS et al., 1980; CICOGNA et al., 1993).

Parece válido admitirmos a correção de nossas preparações para os propósitos pretendidos, se considerarmos estes aspectos que destacam cuidados a serem tomados com a preparação de músculos papilares. Os músculos utilizados no presente trabalho não tiveram áreas de secção que, aparentemente, compromettesse seu desempenho e, mais ainda, não houve diferença entre as áreas de secção dos músculos dos diversos grupos, tornando casual, e não sistemática, a possível influência deste fator na ação mecânica dos papilares.

5.2. A normalização dos valores da força

À análise da literatura, chama a atenção o fato de não existir nenhuma contestação à diretriz de normalizar o valor da força desenvolvida pela área de secção. A racionalidade desta providência – conforme esclarecimento transmitido pessoalmente por Oscar H. L. Bing – não é identificável na literatura. Apesar disto, depois do início de sua aplicação, passou a vigorar universalmente.

A decisão de se normalizar o valor da força por uma variável biométrica envolve pré-definições conceituais sobre as variáveis funcionais. A necessidade da normalização constitui a decisão inicial. Nossos dados indicam que, considerando diferentes amostras de miocárdio do mesmo coração, os valores indicadores da capacidade contrátil em $L_{m\acute{a}x}$ variam quando se consideram os valores absolutos de força. A racionalidade desta circunstância não é convincente. Afigura-se mais lógico que amostras de miocárdio que se equivalham estrutural e funcionalmente – tal como ocorre com os músculos papilares anteriores e posteriores – exteriorizem valores semelhantes de força desenvolvida e sua taxa de variação temporal. Paralelamente, as diferenças verificadas para as diversas amostras de miocárdio analisadas obedeceram padrão bem definido: músculos com maior massa evidenciaram valores mais elevados de força e sua derivada, compondo correlação estatisticamente significativa – tanto da força desenvolvida quanto de sua primeira derivada positiva – com a massa miocárdica. Estes dados suportam a interpretação de que o montante de miocárdio que participa da contração é um condicionante da força desenvolvida durante a contração. Em contrapartida, a projeção da força e de sua derivada em função da área de secção indicou inexistência de correlação entre estes parâmetros, sugerindo inexistência de relação causal entre estas variáveis. Estes dados verificados para os valores obtidos em $L_{m\acute{a}x}$ se reproduziram para os estiramentos parciais dos papilares, culminando com a superposição das retas de Frank-Starling quando se normalizam as forças pela massa contrátil.

A literatura elegeu a sistemática de exprimir a capacidade contrátil valendo-se da área de secção como melhor forma para normalizar a força contrátil, e a alegação teórica existente considera que este parâmetro indica mais adequadamente a maior ou menor participação de unidades contráteis. Se atendermos à lógica da semelhança de capacidade contrátil entre estruturas miocárdicas provenientes do mesmo coração, esta não é a melhor sistemática. Atente-se para o fato de que a normalização dos valores da força e sua respectiva derivada pela área de secção não modificou, em nada, a interferência da biometria miocárdica no valor da variável indicativa da capacidade contrátil. Efetivamente, os resultados obtidos ao nos valermos da área de secção como fator de normalização reproduziu todos os resultados observados com os valores absolutos da força.

A se admitir a necessidade de um fator de correção, nossos resultados são sugestivos da maior conveniência de se adotar a massa miocárdica como fator de correção, independentemente de fundamentações teóricas que se estabeleçam. Foi possível verificar que, em nossos músculos, a normalização da força pela área de secção não sanou o inconveniente de se verificarem valores distintos para segmentos miocárdicos provindos do mesmo coração. Ficou patente que a ação mecânica do miocárdio só assume níveis comparáveis para exemplares distintos do mesmo coração quando a normalização se processa pela massa muscular participante da contração.

A correção de se normalizar os valores da força pela massa muscular participante da contração pode ser contestada se aceitarmos a possibilidade de amostras miocárdicas distintas, compondo estruturas funcionalmente

equivalentes, com disposição espacial semelhante de seus componentes podem externar capacidades contráteis diferentes. Não nos parece uma postura lógica; preferimos admitir a outra alternativa: que estruturas que se enquadram nestas características devem manifestar capacidades contráteis equivalentes.

Assinale-se que esta providência de normalizar os valores das forças pelas massas miocárdicas de músculos papilares não é original. Anteriormente, KERR et al. (1961), GRIMMM et al (1963), FRY & POOLE-WILSON (1981) e WANG et al.(1998) se valeram desta mesma providência para expressar seus resultados. Estes autores não teceram comentários sobre a razão de se valerem da massa miocárdica como fator de correção e não cotejaram os dados resultantes desta providência com outros obtidos por outras diretrizes.

Ressalte-se que o enfoque original dado a este trabalho, de se proceder a reavaliação da sistemática de normalização da força tomando como ponto de referência amostras de miocárdio do mesmo coração, partindo do princípio que exemplares distintos devem exteriorizar forças semelhantes, pode oferecer a primeira possibilidade de se estabelecerem limites de normalidade de características de ação mecânica do miocárdio normal.

6. CONCLUSÃO

Os resultados verificados permitem concluir que a massa miocárdica participante da contração exerce influência na tensão gerada durante a contração de músculos papilares estudados *“in vitro”*. A normalização das variáveis de força pela massa miocárdica ativa possibilitou equalizar os valores de variáveis sistólicas verificadas para os músculos papilares anteriores e posteriores que, referidos em relação à área de secção ou por seus valores absolutos, indicavam valores mais elevados para os músculos com maior massa. Esta verificação possibilitou estabelecer valores que podem vir a ser padrões normais de desempenho sistólico para amostras de miocárdio normal.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABBOTT, B. C., MOMMAERTS, W. F. H. M. A study inotropic mechanisms in the papillary muscle preparation. **Journal General Physiology**, 43:467-468,1959.
2. ALLEN, D. G. On the relationship between action potential duration and tension in cat papillary muscle. **Cardiovascular Research**, 11: 210-218, 1977.
3. ARVOLA , L.; HASSAF, D.; MELNIKOV, L.; HELGESEN, K. G.; YTREHUS, K. Adenosine induces prolonged anti- β -adrenergic effects in guinea-pig papillary muscle. **Acta Physiology Scandinavia**, 175: 11-47, 2002.
4. AXEL, L. Papillary muscle do not attach directly to the solid heart wall. **Circulation**, 109: 3145-3148, 2004.
5. BARCLAY , C. J. Modeling diffuse O₂ supply to isolated preparations of mammalian skeletal and cardiac muscle. **Journal of Muscle Research and Cell Motility**, 26: 225 – 235, 2005.
6. BARCLAY , C. J.; WIDÉN, C.; MELLORS, L. J. Initial mechanical efficiency of isolated cardiac muscle. **Journal Experimental Biology**, 206: 27725-2732, 2003.
7. BAUDOUIN, S.; BATEMAN, N. Contractility of papillary muscle from rats exposed to 28 days of hypoxia, hypercapnia, and hypoxia with hypercapnia. **Thorax**, 44: 808-811, 1989.
8. BERS, D. M. Ca²⁺ sparks. Jumping the gap from the cell to cardiac muscle. **Circulation Research**, 81: 636-638, 1997.

9. BING, O. H. L.; BROOKS, W. W.; CONRAD, C. H.; SEM, S.; PERREAULT, C. L.; MORGAN, J. P. Intracellular calcium transients in myocardium from spontaneously hypertensive rats during the transition to heart failure. **Circulation Research**, 68: 1390-1400, 1991.
10. BING, O. H. L.; BROOKS, W. W.; WIGNER, A. W. Myocardial mechanics in two models of pressure overload hypertrophy. **Perspect Cardiovascular Research**, 8: 167-177, 1983.
11. BING, O. H.; MATSUSHITA, S.; FANBURG, B. L.; LEVINE, H. Mechanical properties of rat cardiac muscle during experimental hypertrophy. **Circulation Research**, 28: 234-245, 1971.
12. BORNIK, P.; KHORCHIDI, S.; BODOR, G. S.; HUKE, S.; KNAPP, J.; LINCK, B.; LÜSS, H.; MÜLLER, F. U.; SCHMITZ, W.; NEUMANN, J. Role of protein phosphatases in regulation of cardiac inotropy and relaxation. **American Journal Physiology Heart Circulation Physiology**, 280: H786-H794, 2001.
13. BRADY, A. J. Mechanical properties of isolated cardiac myocytes. **Physiological Reviews**, 71: 413-428, 1991.
14. BRUTSAERT, D. L.; SYS, S. U. Ventricular function. Is the total more than the sum of the parts ? **Circulation**, 83: 1444-1449, 1991.
15. BRUTSAERT, D. L.; SYS, S. U. Relaxation and diastole of the heart. **Physiological Review**, 69: 1228-1315, 1989.
16. CAPASSO, J. M.; MALHOTRA, A.; REMILY, R. M.; SCHEUER, J. SONNENBLICK, E. H. Effects of age on mechanical and electrical performance of rat myocardium. **American Journal Physiology**, 245: H72-H81, 1983.

17. CAPASSO, J. M.; ARONSON, R. S.; SONNENBLICK, E. H. Reversible alterations in excitation during myocardial hypertrophy in rat papillary muscle. **Circulation Research**, 51: 189-195, 1982.
18. CHAPMAN, C. B.; WASSERMAN, E. On the dynamics of cardiac muscle. **American Heart Journal**, 58: 282-317, 1959.
19. CHIU, Y. C.; BALLOU, E. W.; FORD, L. E. Force, velocity, and power changes during normal and potentiated contractions of cat papillary muscle. **Circulation Research**, 60: 446-458, 1987.
20. CHIU, Y. L.; BALLOU, E. W.; FORD, L. E. Internal viscoelastic loading in cat papillary muscle. **Biophysics Journal**, 40: 109-120, 1982.
21. CHRISTIANSEN, E. H.; TIAN, R.; BÖTTCHER, M.; ANDREASEN, F. Contractile function of right ventricular papillary muscle after ventricular infarction in rats: effects of early and late inhibition of angiotensin converting enzyme. **European Heart Journal**, 14: 1554-1560, 1993.
22. CICOGNA, A. C.; MATSUBARA, B. B.; MATSUBARA, L. S.; OKOSHI, K.; GUT, A. L.; PADOVANI, C. R.; MEYER, M. M.; OKOSHI, M. P. Volume overload influence on hypertrophied myocardium function. **Japanese Heart Journal**, 43(6): 689-695, 2002.
23. CICOGNA, A. C.; ROBINSON, K. G.; CONRAD, C. H.; SQUIRE, R. OKOSHI, M. P.; BING, O. H. L. Participação do estado contrátil e do relaxamento miocárdico na disfunção ventricular durante a transição hipertrofia-falência cardíaca. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, 69(6): 381-384, 1997.

24. CICOGNA, A. C.; PADOVANI, C. R.; NARDI, S. C.; OKOSHI, M. P. Efeito do envelhecimento sobre o comportamento mecânico dos músculos papilares de ratos Wistar. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, 60: 215-219, 1993.
25. CICOGNA, A. C.; BING, O. H. L. Influência da anestesia e/ou degolamento sobre o comportamento mecânico de músculos papilares isolados de ventrículo esquerdo de ratos. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, 53(4): 197-200, 1989.
26. CONRAD, C. H.; BROOKS, W. W., ROBINSON, K. G. Impaired myocardium function in spontaneously hypertensive rats with heart failure. **American Journal Physiology**, 260: H136-H145, 1991.
27. de TOMBE, P. P.; ter KEURS, H. E. D. J. Sarcomere dynamics in cat cardiac trabeculae. **Circulation Research**, 68: 588-596, 1991.
28. DELBRIDGE, L. M.; LOISELLE, D. S. An ultrastructural investigation into the size dependency of contractility of isolated cardiac muscle. **Cardiovascular Research** 15:21-27, 1981.
29. DONALD, T. C.; REEVES, R. C.; WALKER, A. A.; HEFNER, L. L. Effects of damaged ends in papillary muscle preparations. **American Journal Physiology**, 238: H14-H23, 1980.
30. EDMAN, K. A. P.; JÓHANNSSON, M. The contractile state of rabbit papillary muscle in relation to stimulation frequency. **Journal Physiology**, 254: 565-581, 1976.

31. FIORETTO, J. R.; OKOSHI, M. P.; OKOSHI, K.; CICOGNA, A. C.; BONATTO, R. C.; PADOVANI, C. R.; TUCCI, P. J. F. The rate of force generation by the myocardium is not influenced by afterload. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, 30: 1471-1477, 1997.
32. FISHER, V. J.; LEE, R. J.; MARLON, A. M.; KAVALER, F. Paired electrical stimulation and the maximal contractile response of the ventricle. **Circulation Research**, 10: 520-533, 1967.
33. FREZZA, W. A. & BING, O. H. L. PO₂ modulated performance of cardiac muscle. **American Journal Physiology**, 231:162-1624, 1976.
34. FRY, C. H.; POOLE-WILSON, P. A. Effects of acid-base changes on excitation-contraction coupling in guinea-pig and rabbit cardiac ventricular muscle. **Journal Physiology**, 313: 141-160, 1981.
35. GEENEN, D. L.; WHITE, T. P.; LAMPMAN, R. M. Papillary mechanics and cardiac morphology of infarcted rat hearts after training. **Journal Applied Physiology**, 63(1): 92-96, 1987.
36. GILLEBERT, T. C.; SYS, SU; BRUTSAERT, D. L. Influence of loading patterns on peak length-tension relation and on relaxation in cardiac muscle. **Journal of American College Cardiology**, 13: 483-90, 1989.
37. GRIMM, A. F.; KUBOTA, R.; WHITEHORN, W. V. Properties of myocardium in cardiomegaly. **Circulation Research**, 12: 118-124, 1963.
38. HENDERSON, A. H.; BRUTSAERT, D. L.; PARMLEY, W. W.; SONNENBLICK, E. H. Myocardial mechanics in papillary muscle of the rat and cat. **American Journal of Physiology**, 217(5): 1273-1279, 1969.

39. HILL, A. V. The diffusion of oxygen and lactic acid through tissue. **Proc. R. Soc. Lond. B.**, 104: 39-96, 1928.
40. HUNTSMAN, L. L.; DAY, S. R.; STEWART, D. K. Nonuniform contraction in the isolated cat papillary muscle. **American Journal Physiology**, 233(5): H613-H616, 1977.
41. JANSSEN, P. M. L.; STULL, L. B.; MARBÁN, E. Myofilament properties comprise the rate-limiting step for cardiac relaxation at body temperature in the rat. **American Journal Physiology Heart Circulation Physiology**, 282(2): H499-H507, 2002.
42. JANSSEN, P. M. L.; SCHIERECK, P.; HONDA, H.; NAYA, T.; KOIWA, Y. The effect of applied mechanical vibration on two different phases of rat papillary muscle relaxation. **Pflügers Archiv – European Journal Physiology**, 434: 795 – 800, 1997.
43. JANSSEN, P. M. L. & HUNTER, W. C. Force, not sarcomere length, correlates with prolongation of isosarcometric contraction. **American Journal Physiology Heart Circulation Physiology**, 38: H675-H685, 1995..
44. JORGENSEN, A. O.; SHEN, A. C-Y; DALY, P.; MACLENNAN, D. H. Localization of Ca^{2+} + Mg^{2+} -ATPase of sarcoplasmic reticulum in adult rat papillary muscle. **The Journal of Cell Biology**, 93: 883-892, 1982.
45. JULIAN, F. J.; SOLLINS, M. R.; Sarcomere length-tension relations in living rat papillary muscle. **Circulation Research**, 37: 299-308, 1975.
46. KELLY, J. J. & HOFFMAN, B. F. Mechanical activity of rat papillary muscle. **American Journal Physiology**, 199(1): 157-162, 1960.

47. KENTISH, J. C.; JEWEL, B. R. Some characteristics of Ca^{2+} -regulated force production in EGTA-treated muscles from rat heart. **Journal General Physiology**, 84: 83-99, 1984.
48. KERR, A.; WINTERBERGER, A. R.; GIAMBATTISTA, M. Tension developed by papillary muscle from hypertrophied rat hearts. **Circulation Research**, 9: 103-105, 1961.
49. KIRIAZIS, H.; GIBBS, C. L. Effects of agein on the activation metabolism of rat papillary muscles. **Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology**, 28: 176-183, 2001.
50. KRUEGER, J. W.; POLLACK, G. H. Myocardial sarcomere dynamics during isometric contraction. **Journal Physiology**, 251: 627-643, 1975.
51. LAMONTAGNE, D.; POHL, U.; BUSSE, R. Mechanical deformation of vessel wall and shear stress determine the basal release of endothelium-derived relaxing factor in the intact rabbit coronary vascular bed. **Circulation Research**, 70: 123-130, 1992.
52. LEBLANC, N.; CHARTIER, D.; GOSSELIN, H.; ROULEAU, J. Age and gender differences in excitation-contraction coupling of the rat ventricle. **Journal Physiology**, 511: 533-548, 1998.
53. LEITE, C. M.; VASSALO, D. V.; MILL, J. G. The effect of verapamil on potentiated rest contractions in the rat ventricular myocardium. **Brazilian Journal Medicine Biological Research**, 21: 859-862, 1988.
54. MADU, E. C.; BAUGH, D. S.; D' CRUZ, I. A.; JOHNS C. Left ventricular papillary muscle morphology and function in left ventricular hypertrophy and left ventricular dysfunction. **Medicine Science Monitor**, 7(6): 1212-1218, 2001.

55. MANDARIM-LACERDA, C. A. Comparative myocardial cell diameters between the right and the left anterior papillary muscle in man. **Ciência e Cultura**, 36(2): 256-259, 1984.
56. MATSUBARA, I.; MAUGHAN, D. W.; SAEKI, Y.; YAGI, N. Cross bridge movement in rat cardiac muscle as a function of calcium concentration. **Journal Physiology**, 417:555-565, 1989.
57. MATSUBARA, L. S.; MATSUBARA, B. B.; OKOSHI, M. P.; CICOGNA, A. C.; JANICKI, J. S. Alterations in myocardial collagen content affect rat papillary muscle function. **American Journal Physiology Heart Circulation Physiology**, 279: H1534-H1539, 2000.
58. MILL, J. G.; NOVAES, M. A. S.; GALON, M.; NOGUEIRA, J. B.; VASSALO, D. V. Comparison of the contractile performance of the hypertrophied myocardium from spontaneous hypertensive rats and normotensive infarcted rats. **Canadian Journal Physiology Pharmacology**, 76: 387-394, 1998.
59. OKOSHI, K.; RIBEIRO, H. B.; OKOSHI, M. P.; MATSUBARA, B. B.; GONÇALVES, G.; BARROS, R.; CICOGNA, A. C. Improved systolic ventricular function with normal myocardial mechanics in compensated cardiac hypertrophy. **Japanese Heart Journal**, 45: 647-656, 2004.
60. PAIVA, S. A. R.; ZORNOFF, L. A. M.; OKOSHI, M. P.; OKOSHI, K.; MATSUBARA, L. S.; MATSUBARA, B. B.; CICOGNA, A. C.; CAMPANA, A. O. Ventricular remodeling induced by retinoic acid supplementation in adult rats. **American Journal Physiology Heart Circulation Physiology**, 284, H: 2242- H2246, 2003.

61. PARADESE, N. F.; SCHMITTER, J. L.; SURMITIS, J. M. Criteria for adequate oxygenation of isometric kitten papillary muscle. **American Journal Physiology**, 241: H348-355, 1981.
62. PARMLEY, W. W.; BRUTSAERT, D. L.; SONNENBLICK, E. H. Effects of altered loading on contractile events in isolated cat papillary muscle. **Circulation Research**, 24: 521-532, 1969.
63. PERON, A. P. O. N. **Influência da restrição protéico-calórica na mecânica miocárdica de ratos ao final do período de cicatrização do infarto do miocárdio.** Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde). Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP, 2005.
64. PERON, A. P. O. N.; SARAIVA, R. M.; ANTONIO, E. L.; ANDRIOLO, A.; TUCCI, P. J. F. Food restriction does not impair myocardial mechanics during the healing period of myocardial infarction in the rat. **Nutrition Research**, 25: 1075-1084, 2005.
65. POGGESI, C.; REGGIANI, C.; BOTTINELLI, R.; RICCIARDI, L.; MINELLI, R. Relaxation in atrial and ventricular myocardium: activation decay and different load sensitivity. **Basic Research Cardiology**, 78: 256-265, 1983.
66. PORTES, L. A. **Efeito do treinamento físico por natação na função mecânica de ratas wistar portadoras de infarto do miocárdio.** Dissertação (Mestrado em Ciências Cardiológicas). Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP, 2005.
67. PRENDERGAST, B. D.; SAGACH, V.; SHAH, A. M. Basal release of nitric oxide augments the Frank-Starling response in the isolated heart. **Circulation**, 96: 1320-1329, 1997.

68. RAYA, T. E.; GABALLA, M.; ANDERSON, P.; GOLDMAN, S. Left ventricular function and remodeling after myocardial infarction in aging rats. **American Journal Physiology**, 273: H2652-H2658, 1997.
69. SCHOUTEN, V. J.; ter Keurs, H. E. The force-frequency relationship in rat myocardium. The influence of muscle dimensions. **Pflügers Arch.**, 407 (1): 14-17, 1986.
70. SCHWERTZ, D. W.; BECK, J. M.; KOWALSKI, J. M.; ROSS, J. D. Sex differences in the response of rat heart ventricle to calcium. **Biological Research for Nursing**, 5 (4): 286-298, 2004.
71. SHAH, A. M.; SOLLOTT, S. J.; LAKATTA, E. G. Physio-pharmacological evaluation of myocardial performance: an integrative approach. **Cardiovascular Research**, 39: 148-154, 1998.
72. SJAASTAD, I.; BIRKELAND, J. A.; FERRIER, G.; HOWLETT, S.; SKOMEDAL, T.; BJØRNERHEIM, R.; WASSERSTROM, J. A.; SEJERSTED, O. M. Defective excitation-contraction coupling in hearts of rats with congestive heart failure. **Acta Physiological Scandinavia**, 184: 45-58, 2005.
73. SNOW, T. R. BRESSELER, P. B. Oxygen sufficiency in working rabbit papillary muscle at 25°C. **Journal Molecular Cellular Cardiology**, 9: 595, 1977.
74. SONNENBLICK, E. H. Force-velocity in mammalian heart muscle. **American Journal Physiology**, 202:931-939,1962.

75. SYS, S. U.; DE KEULEANAER, G. W.; BRUTSAERT, D. L. Physiopharmacological evaluation of myocardial performance: how to study modulation by cardiac endothelium and related humoral factors ? **Cardiovascular Research**, 39: 136-147, 1998.
76. ter KEURS, H. E. D. J.; RIJNSBURGER, W. H.; HEUNINGEN, R. V.; NAGELSMIT, M. J. Tension development and sarcomere length in rat cardiac trabeculae. Evidence of length-dependent activation. **Circulation Research**, 46: 703-714, 1980.
77. TYBERG, J. V.; YEATMAN, L. A.; PARMLEY, W. W.; URSCHER, C. W.; SONNENBLICK, E. H. Effects of hypoxia on mechanics of cardiac contraction. **American Journal of Physiology**, 218(6): 1780-1788, 1970.
78. ULLRICK, W. C. & WHITEHORN, W. V. A muscle column preparation from the rat's left ventricle. **Circulation Research**, 4: 499-501, 1956.
79. VANDENBOOM, R.; WEIHE, E. K.; HANNON, J. D. Dynamics of crossbridge-mediated in the heart. **Journal of Muscle Research and Cell Motility**, 26: 247– 257, 2005.
80. WAGNER, K. D.; THERES, H.; BORN, A.; STRUBE, N.; WUNDERLICH, N.; PFITZER, G.; BAUMANN, G. GÜNTHER, J. Contractile function of papillary muscle from rats with different infarct size after β -adrenergic blockade and ACE-inhibition. **Journal Molecular and Cellular Cardiology**, 29: 2941-2951, 1997.
81. WANG, S.; WYETH, R.; KENNEDY, R. H. Effects of gender on the sensitivity of rat cardiac muscle to extracellular Ca^{2+} . **European Journal of Pharmacology**, 361: 73-71, 1998.

82. WELSH, D. C.; DIPLA, K.; McNULTY, P. H.; UM, A.; OJAMAA, K. M.; KLEIN, I.; HOUSER, S. R.; MARGULIES, K. B. Preserved contractile function despite atrophic remodeling in unloaded rat hearts. **American Journal Physiology Heart Circulation Physiology**, 281: H1131-1136, 2001.
83. WIDÉN, C.; BARCLAY, C. J. Resting metabolism of mouse papillary muscle. **European Journal Physiology**, 450: 209-216, 2005.
84. WIER, W. G.; Ter KEURS, H. E. D. J.; MARBAN, E. GAO, W. D.; BALKE, C. W. Ca²⁺ “sparks” and waves in intact ventricular muscle resolved by confocal imaging. **Circulation Research**, 81: 462-469, 1997.
85. WIGNER A. W.; BING, O. H. L. Laser scanner measurement of central segment performance in isolated cardiac muscle preparations. **American Journal Physiology**, 237: H269-H264, 1979.
86. YAGI, N.; OKUYAMA, H.; TOYOTA, H.; ARAKI, J.; SHIMIZU, J.; IRIBE, G.; NAKAMURA, K.; MOHRI, S.; TSUJIOKA, K.; SUGA, H.; KAJIYA, F. Sarcomere-length dependence of lattice volume and radial mass transfer of myosin cross-bridges in rat papillary muscle. **Pflugers Arch**, 448: 153-160, 2004.
87. YEATMAN, L. A.; PARMLEY, W. W.; SONNENBLICK, E. H. Effects of temperature on series elasticity and contractile element motion in heart muscle. **American Journal Physiology**, 217: 1030-1034, 1969.
88. ZILE, M. R.; CONRAD, C. H.; GAASH, W. H.; ROBINSON, K. G.; BING, O. H. L. Preload does not affect relaxation rate in normal, hypoxic or hypertrophy myocardium. **American Journal Physiology**, 238: H14-H23, 1990.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)