

## Influência do Uso do Bicarbonato de Sódio na Cintilografia Miocárdica com Tálzio-201 para Pesquisa de Viabilidade Miocárdica

Influence of Sodium Bicarbonate in Myocardial Scintigraphy with <sup>201</sup>Tl for Myocardial Viability Assessment

Bernardo Nóbrega de Oliveira, Marcos Pinto Pellini, Maria Carolina Landersmann, Ronaldo de Souza Leão Lima

### Resumo

**Fundamentos:** Estudos já publicados demonstraram que o bicarbonato de sódio administrado 30 minutos antes da injeção do Tálzio-201 aumenta a captação de Tálzio-201 durante o estresse físico. A influência da alcalose sanguínea transitória em seres humanos antes do Tálzio-201 injetado em repouso é desconhecida.

**Objetivo:** Avaliar a influência e segurança do uso do bicarbonato de sódio na cintilografia miocárdica com Tálzio-201 para pesquisa de viabilidade miocárdica.

**Metodologia:** Entre 4/2009 e 12/2009, 15 pacientes foram submetidos à cintilografia de perfusão miocárdica com Tálzio-201, segundo o protocolo de repouso-redistribuição (protocolo-padrão) e uma semana depois, repetiam o exame, quando era infundido 2mEq/kg de bicarbonato de sódio a 8,4% por via intravenosa, 30 minutos antes da injeção do radiotraçador.

**Resultados:** As imagens do protocolo com bicarbonato revelaram um número de segmentos normais maior, escores de perfusão menores e menor número de segmentos com reversibilidade do que o protocolo tradicional. O percentual de segmentos sem reversibilidade foi equivalente em ambos os protocolos. Não houve qualquer tipo de complicação relacionada ao protocolo com bicarbonato.

**Conclusões:** A injeção de bicarbonato de sódio antes do Tálzio-201 é segura e aumentou a captação do Tálzio-201 pelo miócito, resultando em menor quantidade de segmentos com defeitos de perfusão quando comparada ao protocolo-padrão. Embora haja redução do número de segmentos com reversibilidade nas imagens tardias, não houve aumento dos segmentos sem viabilidade no protocolo com bicarbonato.

**Palavras-chave:** Isquemia miocárdica; Doença das coronárias; Cintilografia; Radioisótopos de Tálzio/uso diagnóstico; Bicarbonato de sódio/uso diagnóstico

### Abstract

**Background:** Published studies have already demonstrated that sodium bicarbonate administered 30 minutes before a <sup>201</sup>Tl injection increases <sup>201</sup>Tl uptake during physical stress. The influence of transient blood alkalosis in humans prior to injecting <sup>201</sup>Tl at rest is unknown.

**Objective:** To evaluate the influence and safety of sodium bicarbonate used during myocardial scintigraphy with <sup>201</sup>Tl for myocardial feasibility assessment.

**Methods:** Between April and December 2009, fifteen patients underwent rest-redistribution <sup>201</sup>Tl myocardial perfusion scintigraphy (standard protocol), repeated 1 week later, when 2mEq/kg of sodium bicarbonate were injected intravenously 30 minutes before the radiotracer injection.

**Results:** The bicarbonate protocol images revealed more normal segments, with lower perfusion scores and fewer reversible segments than in the standard protocol. The percentage of non-reversible segments was equivalent in both protocols. There were no complications related to the bicarbonate protocol.

**Conclusions:** Sodium bicarbonate injections before <sup>201</sup>Tl are safe and enhance the <sup>201</sup>Tl uptake by the myocyte resulting in fewer segments with perfusion defects, compared to the standard protocol. Despite a reduction in the number of reversible segments in the later images, there was no increase in nonviable segments in the bicarbonate protocol.

**Keywords:** Myocardial ischemia; Coronary disease; Radionuclide imaging; Thallium radiotopes/diagnostic use; Sodium bicarbonate/diagnostic use

Serviço de Medicina Nuclear - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) - Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Correspondência: Bernardo Nóbrega de Oliveira

Av. N Senhora de Copacabana, 1039 ap. 304 - Copacabana - 22060-001 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil

E-mail: bernoliveira@yahoo.com.br

Recebido em: 05/06/2011 | Aceito em: 13/08/2011

## Introdução

A doença arterial coronariana (DAC) é a principal causa de insuficiência cardíaca relatada nos principais estudos publicados na última década, com uma prevalência estimada em 70%<sup>1</sup>.

No passado, considerava-se a disfunção grave do ventrículo esquerdo (VE) uma condição irreversível. Na atualidade, compreende-se que a insuficiência cardíaca crônica tem uma ou mais das três entidades fisiopatológicas relacionadas à doença isquêmica do miocárdio: fibrose miocárdica, miocárdio hibernante, ou repetidos episódios de atordoamento miocárdico<sup>2</sup>. A importância dessa distinção consiste no fato de que tanto o miocárdio atordoado quanto o hibernado são condições potencialmente reversíveis. Estima-se que de 20% a 40% dos pacientes com disfunção crônica do VE tenham um potencial claro de recuperação da função após revascularização<sup>3-11</sup>.

O <sup>201</sup>Tl foi introduzido como um radiotraçador de perfusão devido a sua alta taxa de extração miocárdica de primeira passagem em taxas fisiológicas de fluxo sanguíneo miocárdico<sup>12</sup>. A captação miocárdica de <sup>201</sup>Tl é feita através de um processo ativo pela bomba de Na/K ATPase-dependente presente no sarcolema, sendo necessária a integridade da membrana e, com isso, indicando a presença da viabilidade miocárdica. A extração do <sup>201</sup>Tl reflete tanto a perfusão regional (necessária para que o radiotraçador chegue ao miócito) como também a presença de viabilidade do músculo cardíaco. Um defeito observado logo após a injeção em repouso pode representar uma área de infarto. No entanto, uma significativa porcentagem dos defeitos evidenciados pelo <sup>201</sup>Tl em repouso demonstrava redistribuição quando novas imagens eram feitas após várias horas<sup>13,14</sup>.

Conforme os trabalhos<sup>4,8,15,16</sup> que analisavam a função ventricular iam sendo publicados, observou-se que, ocasionalmente, segmentos considerados viáveis pelo método não apresentavam ganho funcional após terem o fluxo sanguíneo restabelecido e, menos frequentemente, segmentos considerados sem viabilidade poderiam ter melhora funcional após revascularização. Uma análise com 105 estudos de viabilidade incluídos<sup>17</sup>, envolvendo um total de 3.034 pacientes, demonstrou uma sensibilidade de 84%, entretanto com uma especificidade baixa de 69%.

Vários estudos foram publicados<sup>9,18-27</sup> trazendo avanços importantes na detecção do miocárdio viável e na melhora da acurácia do método, incluindo: a aquisição de imagem tardia de 24h; a reinjeção de <sup>201</sup>Tl; a quantificação dos achados; e o uso de nitrato sublingual precedendo a injeção do <sup>201</sup>Tl.

Em 1977, um estudo<sup>28</sup> avaliou o efeito do bicarbonato de sódio antes da injeção do <sup>201</sup>Tl em coelhos e em cachorros. Os autores concluíram que houve um aumento médio da captação do <sup>201</sup>Tl de 1,5 a 2 vezes no coração dos animais tratados previamente com bicarbonato, comparados com os do grupo-controle. Também relataram que ocorreu uma melhor relação entre a captação do coração com o fígado, o que melhora os padrões da imagem.

Sarin et al.<sup>29</sup>, em 2003, pesquisaram se o uso de bicarbonato de sódio por via intravenosa (IV) administrado antes do teste ergométrico poderia aumentar a penetração de <sup>201</sup>Tl no miócito sem efeitos colaterais significativos. Em seu estudo com 8 indivíduos (5 normais e 3 com alterações de perfusão), após o uso de 88mEq de bicarbonato de sódio 7,5%, observou-se um aumento de 53% na captação desse radiotraçador no miocárdio, confirmando que a alcalose transitória facilita a entrada de <sup>201</sup>Tl na célula. Nesse estudo, cinco segmentos cardíacos tiveram a interpretação modificada após a análise das imagens pós-bicarbonato, o que sugere um aumento na eficácia do exame. Os autores sugerem que essa nova técnica mereça novas investigações para que possa ser determinado o seu real papel na prática clínica.

Posteriormente, Lima et al.<sup>30</sup> elaboraram uma comparação de diversos momentos da infusão do bicarbonato de sódio, buscando determinar qual teria maior influência sobre a captação do <sup>201</sup>Tl. Os achados desse estudo sugeriram que o momento ideal seria 30 minutos antes da administração do <sup>201</sup>Tl. A partir desse projeto-piloto, foi planejado este estudo para determinar a influência do uso do bicarbonato de sódio na cintilografia miocárdica com <sup>201</sup>Tl para pesquisa de viabilidade miocárdica.

O objetivo primário deste estudo foi determinar a influência do uso do bicarbonato de sódio na cintilografia miocárdica com <sup>201</sup>Tl para pesquisa de viabilidade miocárdica. Como objetivo secundário, avaliar a segurança e tolerabilidade da infusão do bicarbonato de sódio antes da injeção do <sup>201</sup>Tl.

## Metodologia

Trata-se de um estudo transversal, com inclusão prospectiva de pacientes, aberto e controlado. Aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFRJ sob o n° 125/04. Todos os participantes concordaram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Entre abril/2009 e dezembro/2009, 212 pacientes tiveram indicação de realizar cintilografia miocárdica em hospital público, de nível terciário, com atendimento à alta complexidade (HUCFF) por indicação dos respectivos médicos assistentes. A principal indicação do exame foi detectar a presença de isquemia miocárdica. Somente três pacientes tiveram a indicação de pesquisar a presença de viabilidade miocárdica.

Foram considerados os seguintes critérios de inclusão (todos os critérios deviam ser preenchidos): idade >18 anos e <75 anos; infarto agudo do miocárdio (IAM) prévio, definido como: presença de dor torácica + supradesnivelamento do segmento ST + elevação enzimática; história de IAM (presença de ondas Q no eletrocardiograma (ECG) ou alteração segmentar no ecocardiograma); imagens de repouso com  $^{201}\text{Tl}$  evidenciando hipoperfusão em um ou mais segmentos; e concordância com o TCLE.

Os critérios de exclusão adotados neste estudo foram: bloqueio do ramo esquerdo (BRE) completo; insuficiência renal crônica (IRC); creatinina (Cr) >2,0mg/dL ou tratamento dialítico prévio; infecção sistêmica em atividade; febre nas últimas 48 horas; insuficiência cardíaca descompensada nas últimas duas semanas; doenças hematológicas e/ou neoplásicas, e/ou ósseas, e/ou distúrbios da hemostasia; doenças inflamatórias e/ou infecciosas crônicas; IAM há menos de 30 dias.

Após aplicados os critérios de inclusão e exclusão do estudo, foram selecionados 21 pacientes. Destes, houve 6 perdas, restando um total de 15 pacientes que terminaram o estudo.

Os motivos da exclusão do estudo foram: a não presença de infarto do miocárdio prévio em 179 pacientes, idade superior a 75 anos em 7 pacientes, 6 pacientes em tratamento dialítico, 2 pacientes com histórico de creatinina sanguínea >2mg/dL, 11 pacientes com BRE completo, 6 pacientes que se recusaram a assinar o TCLE e 1 paciente por estar aguardando transplante hepático. As perdas se deram pelo fato de 2 pacientes não terem retornado para realizarem o protocolo alternativo com bicarbonato e 4 pacientes não terminaram o estudo por problemas técnicos.

Os pacientes incluídos (n=15) realizaram o exame duas vezes: a primeira vez segundo o protocolo-padrão de repouso/redistribuição com  $^{201}\text{Tl}$  e, após uma semana, retornaram ao serviço para se submeterem ao protocolo com bicarbonato de sódio.

### Protocolo-padrão

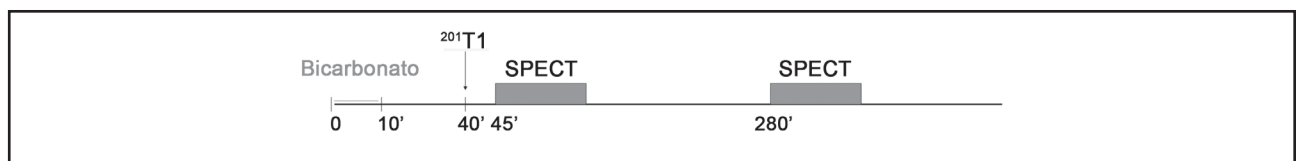
No protocolo-padrão, as imagens de repouso foram adquiridas após 5 minutos da injeção de 111MBq de  $^{201}\text{Tl}$  e as imagens de redistribuição 4 horas após. Os exames com indicação de pesquisa de isquemia miocárdica são normalmente realizados no HUCFF com duplo isótopo, ou seja, usando-se  $^{201}\text{Tl}$  na fase de repouso e  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  MIBI na fase de estresse. Dessa forma, o protocolo de repouso-estresse foi adaptado para repouso-redistribuição-estresse, sem prejudicar a realização do exame.

Após uma semana, os pacientes retornavam e o protocolo em estudo (Figura 1) era realizado, administrando-se 2mEq/kg de bicarbonato de sódio 8,4%, 30 minutos antes da injeção do  $^{201}\text{Tl}$ , seguindo-se as imagens de repouso e redistribuição.

### Preparo do paciente

Os pacientes foram orientados a fazer jejum após as 24:00 horas e evitar quaisquer alimentos ou medicações que contivessem cafeína ou derivados por 24 horas. Antes de cada exame, os pacientes receberam informações a respeito dos estudos e assinaram o TCLE. Foram coletados dados demográficos, de história clínica e de uso de medicamentos, sendo realizado exame físico sumário.

Hipertensão arterial sistêmica foi definida como história de uso de medicações anti-hipertensivas ou pressão arterial (PA)  $\geq 140/90\text{mmHg}$ ; diabete melito foi definido pela história e/ou uso de insulina, hipoglicemiantes orais; dislipidemia foi considerada quando havia uso de hipolipemiantes ou colesterol >240mg/dL; infarto do miocárdio pela história ou por dados de prontuário; obesidade foi definida quando um índice de massa corporal (IMC)  $\geq 30$  estava presente; e a IC foi definida de acordo com os critérios de Framingham<sup>31</sup>.



**Figura 1**  
Protocolo com bicarbonato de sódio

Os pacientes foram orientados a manter o mesmo esquema de fármacos para os dois exames.

Obteve-se acesso venoso periférico e eletrocardiograma basal de 12 derivações no modo usual. Realizaram-se aferições da PA e da frequência cardíaca (FC) antes do início do exame, durante e ao final.

### Cintilografia miocárdica

Utilizou-se a gama-câmara *Millenium MG (General Medical Systems, Milwaukee, WI, USA)* com dois detectores para aquisição das imagens, de baixa energia e alta resolução, usados numa órbita circular de 180° (45° em oblíqua anterior direita a 45° em oblíqua anterior esquerda) com a obtenção de 64 projeções, com duração de 20s por projeção. Para as imagens com <sup>201</sup>Tl, foram utilizadas duas janelas de energia, uma de 30% centralizada no fotopico de 70KeV e outra de 20% centralizada no fotopico de 167KeV. Antes de cada aquisição tomográfica, realizaram-se imagens planares na projeção anterior de 5min de duração.

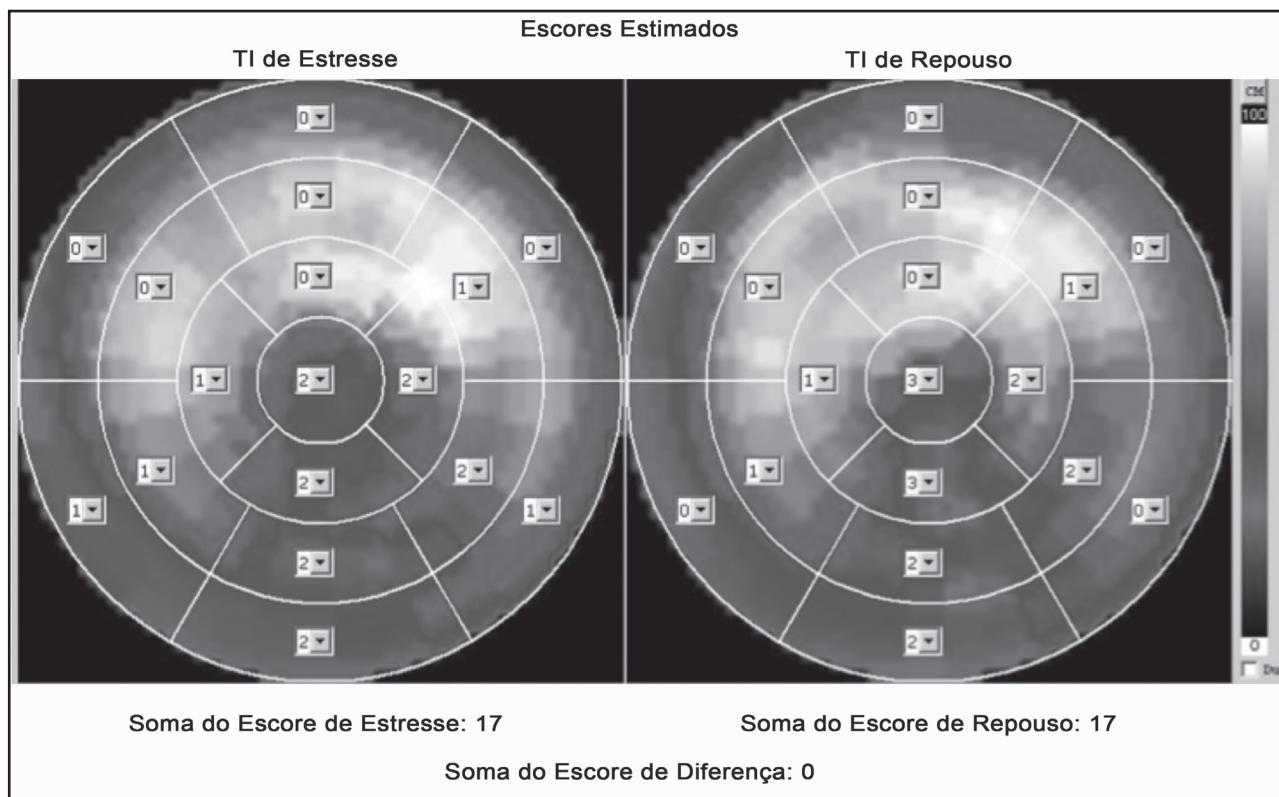
Em todos os exames realizou-se reconstrução transaxial das imagens tomográficas. As imagens reorientadas, utilizando-se os eixos do coração

(transversal, sagital e frontal), foram dispostas aos pares (repouso e redistribuição após 4 horas) em monitor de vídeo e interpretadas.

### Análise dos dados e estatística

Avaliou-se a estatística de contagem de cada protocolo, calculada através da média por *pixel*, obtida a partir de uma área de interesse desenhada na topografia do coração nas imagens planares realizadas antes das tomografias iniciais e de redistribuição do <sup>201</sup>Tl.

Neste estudo, a avaliação de forma semiquantitativa foi incluída na análise (Figura 2), objetivando reduzir o viés da avaliação subjetiva. O ventrículo esquerdo foi dividido em 17 segmentos, conforme as recomendações realizadas em conjunto (*American Society of Nuclear Cardiology/American Heart Association*)<sup>32</sup>, por fornecer a melhor concordância com os dados anatômicos: quatro segmentos na região apical, seis segmentos na região medioventricular, seis segmentos na região basal, todos no eixo curto; e um segmento apical na região medioventricular do eixo longo vertical. A quantificação da captação do radiofármaco foi avaliada em cada segmento, de forma percentual, graduada em uma escala de cinco pontos, de zero a



**Figura 2**

Exemplo de mapa polar e respectivos escores de pontuação. O mapa ao lado esquerdo representa a fase de repouso após administração do <sup>201</sup>Tl. O mapa da direita representa a imagem de redistribuição após 4 horas.

0=captção normal; 1=defeito leve; 2=defeito moderado; 3=defeito intenso; 4=captção ausente

quatro: 0=captção normal; 1=defeito leve; 2=defeito moderado; 3=defeito intenso; 4=captção ausente.

As imagens de repouso foram comparadas com as imagens de redistribuição tanto no estudo tradicional como no experimental com bicarbonato. Os segmentos foram classificados como normais quando apresentaram escore na fase inicial =0; reversíveis quando apresentavam escore >0 na fase inicial, mas diminuam pelo menos 1 ponto nas imagens tardias; e irreversíveis quando o escore era >0 e não diminuam nas imagens tardias.

Cada paciente teve seu nome codificado por quatro dígitos pelo médico que realizou os exames, de forma que os dados fossem avaliados por dois investigadores experientes que estavam "cegos" em relação aos dados clínicos dos pacientes e em relação ao protocolo do exame realizado.

As imagens foram processadas em forma de "mapas polares" (Figura 2) e gravadas em arquivos que foram distribuídos, devidamente codificados, a dois examinadores experientes, responsáveis pela análise e julgamento dos escores. As discordâncias foram discutidas e caso um consenso não fosse estabelecido, um terceiro examinador era designado para estabelecer o desempate.

As variáveis contínuas foram expressas em médias e desvios-padrão ou medianas e as variáveis categóricas, em proporções.

Para avaliação das variáveis categóricas, utilizou-se o teste do qui-quadrado. Quando o número da amostra foi <30, utilizou-se estatística não paramétrica. O teste de Wilcoxon foi aplicado para variáveis ordinais. Na presença da distribuição normal, empregou-se, para as variáveis contínuas, o teste t de Student pareado. A análise de concordância entre os observadores foi calculada pelos coeficientes Kappa (de acordo com a classificação de Altman e de Byrt) e o qui-quadrado de McNemar.

Para a análise utilizou-se o pacote estatístico *SPSS 11.0 Chicago IL*.

## Resultados

Foram estudados 15 pacientes, 8 do sexo masculino, com idades que variaram de 48 anos a 74 anos; 6 pacientes eram assintomáticos e 9 pacientes com precordialgia. Doze pacientes eram revascularizados, 6 cirurgicamente e 9 através de angioplastia percutânea. Em 12 pacientes, o motivo da realização do exame foi pesquisa de isquemia miocárdica e dentre estes, 4

tinham isquemia evidenciada pelas imagens de estresse, mas todos apresentavam segmentos com defeito fixo associado (Tabela 1).

### Análise das imagens

Neste estudo, 80% das imagens tiveram escores idênticos entre os observadores, com um *kappa* calculado de 0,637, evidenciando um bom nível de concordância (de acordo com a classificação de Altman e de Byrt).

**Tabela 1**  
**Características demográficas dos pacientes**

<b>Sexo</b>	
Masculino	8
Feminino	7
<b>Pacientes assintomáticos</b>	<b>6</b>
<b>Precordialgia</b>	
Típica	1
Atípica	8
<b>Pacientes revascularizados</b>	<b>12</b>
Por cirurgia	6
Por angioplastia percutânea	9
<b>Sem revascularização prévia</b>	<b>3</b>
<b>Comorbidades</b>	
Diabetes mellitus	8
Hipertensão arterial sistêmica	13
Obesidade	2
Tabagismo atual	0
Ex-tabagista	9
História familiar de DAC	6
Insuficiência cardíaca	12
<b>Classe funcional (NYHA)</b>	
I	2
II	8
III	2
<b>Medicações</b>	
Betabloqueador	13
IECA/BRA	9
Hipoglicemiante	7
Hipolipemiante	13
Diurético	4
Hipotensor	1
Antiagregante plaquetário	14
Nitrato	4
Inibidor dos canais de cálcio	4
Antiarrítmico	2

DAC= doença arterial coronariana; NYHA=*New York Heart Association*; IECA/BRA=inibidor da enzima conversora da angiotensina/Bloqueador do receptor da angiotensina II

Avaliando-se os pacientes em relação à presença ou ausência de viabilidade, observa-se que não houve diferenças significativas. Em ambos os protocolos 4 pacientes apresentavam evidências de viabilidade e 7 não. O protocolo-padrão evidenciou 2 pacientes com viabilidade não demonstrada pelo protocolo com bicarbonato. O mesmo aconteceu com o protocolo com bicarbonato em relação ao protocolo-padrão.

Na Tabela 2, observa-se que a estatística de contagem, calculada através da média por *pixel*, na imagem inicial do protocolo com bicarbonato foi significativamente maior do que na imagem inicial do protocolo-padrão. Na imagem de redistribuição, porém, não houve diferença significativa entre os protocolos.

A Tabela 3 apresenta o número de segmentos normais com e sem reversibilidade encontrado em cada protocolo. Observa-se que o número de segmentos normais é menor com o protocolo-padrão, mas o número de segmentos reversíveis é maior, conseqüentemente não se observou um número de segmentos irreversíveis significativamente diferente entre os dois protocolos.

Ao se analisarem os escores para cada segmento (Tabela 4), observa-se que os resultados com o protocolo com bicarbonato são significativamente menores comparados ao protocolo-padrão, sendo as médias encontradas na fase inicial dos protocolos ( $13 \pm 7$  vs  $17 \pm 8$ ,  $p < 0,005$ ) e nas fases tardias ( $12 \pm 7$  vs  $16 \pm 8$ ,  $p < 0,05$ ).

### Aspectos de segurança

Nenhum dos 15 pacientes do estudo desenvolveu sintomas ou efeitos colaterais após a infusão do bicarbonato de sódio. Todos os pacientes permaneceram no serviço de medicina nuclear por um período médio de 6 horas, tempo suficiente para ocorrer normalização do pH sanguíneo.

Em 8 pacientes, a administração do bicarbonato de sódio causou desconforto no local da punção venosa. A monitorização eletrocardiográfica contínua não revelou nenhuma anormalidade compatível com hipocalemia, como redução da onda T, alterações do segmento ST-T ou arritmias cardíacas. Em ambos os protocolos não houve diferenças significativas na FC ou na PA.

**Tabela 3**  
Distribuição quantitativa dos segmentos classificados por protocolo

	Protocolo-padrão	Protocolo com bicarbonato
Segmentos normais	9,0 ± 2,9	10,7 ± 2,9 (p<0,05)
Segmentos alterados	7,9 ± 2,9	6,3 ± 2,9 (NS)
Segmentos sem viabilidade	5,9 ± 2,5	5,2 ± 2,6 (NS)
Segmentos com viabilidade	2,0 ± 2,8	1,1 ± 1,4 (NS)

**Tabela 2**  
Estatística de contagem de cada protocolo calculada através da média por pixel

Fase	Protocolos	Média por pixel
Imagem inicial	Protocolo-padrão	33,65 ± 8,67
	Protocolo com bicarbonato	40,69 ± 12,49*
Redistribuição	Protocolo-padrão	26,53 ± 7,51
	Protocolo com bicarbonato	30,55 ± 9,95**

\*p<0,05

\*\* NS

**Tabela 4**  
Média e desvio-padrão dos escores de quantificação da captação do 201Tl

	Escore - Protocolo com bicarbonato		Escore - Protocolo-padrão	
	Imagem inicial	Redistribuição	Imagem inicial	Redistribuição
Média ± DP	13 ± 7 *1	12 ± 7 *2	17 ± 8 *1	16 ± 8 *2
Mínimo	0	0	7	1
Máximo	26	27	30	28

\*1 = p<0,005 \*2 = p<0,05

## Discussão

A pesquisa de viabilidade miocárdica continua sendo de grande importância clínica na tomada de decisão de revascularizar pacientes com disfunção do VE. Existem diferentes protocolos que utilizam o  $^{201}\text{Tl}$  com essa finalidade, sendo o repouso-redistribuição um dos mais realizados.

Os estudos se basearam na teoria de que a indução da alcalose sanguínea transitória “facilita” o influxo do  $^{201}\text{Tl}$  para o interior das células, dentre outros motivos, pelo estímulo da bomba de sódio-potássio-ATPase.

No estudo de Sarin et al.<sup>29</sup> havia cinco pacientes no grupo-controle que foram submetidos ao protocolo-padrão e com bicarbonato. Nesses pacientes, os autores concluíram que não houve mudanças na descrição das imagens, mas foi relatado uma melhor visualização das imagens devido ao aumento da captação do  $^{201}\text{Tl}$ , “facilitando” a interpretação das imagens. Por outro lado, havia três pacientes que realizaram o protocolo-padrão com resultados alterados e em dois, a descrição do exame mudou significativamente após realizar o exame com bicarbonato. Em um deles, a descrição de “miocárdio parcialmente fibrosado” mudou para “isquêmico” pós-bicarbonato; em outro, a descrição de “isquemia” mudou para “normal”. Saber se o bicarbonato consegue definir melhor o diagnóstico e prognóstico dos pacientes se tornou o ponto-chave do problema.

O momento ideal para a administração do  $^{201}\text{Tl}$ , foi avaliado por Lima et al.<sup>30</sup> Nas conclusões, os autores confirmaram a influência do bicarbonato no tamanho do defeito de perfusão e demonstraram que o momento da administração do bicarbonato pode alterar significativamente o número de segmentos descritos como viáveis.

Vários parâmetros evidenciaram os efeitos do bicarbonato de sódio no aumento da captação do  $^{201}\text{Tl}$ , a começar pela estatística de captação por *pixel*, o maior número de segmentos normais nas imagens iniciais e menor média dos escores. Esse fato, porém, não foi responsável pelo aumento do número de exames ou de segmentos descritos como tendo viabilidade.

Deve-se observar que mesmo ocorrendo em pequeno número de segmentos, alguns segmentos descritos como sem defeito de perfusão no protocolo-padrão foram descritos como apresentando defeitos de perfusão no protocolo com bicarbonato. Duas observações importantes

devem ser feitas: no trabalho de Sarin et al.<sup>29</sup>: todos os pacientes sabidamente normais e com imagens “normais” não apresentaram mudanças significativas no padrão perfusional, mas os autores ressaltaram que ocorreu uma “facilitação” na interpretação das imagens. Esse estudo, por outro lado, desfaz essa hipótese, pelo menos em alguns casos. A outra observação importante é o raciocínio clínico derivado dessas mudanças: tais mudanças fizeram segmentos descritos como normais no protocolo tradicional serem descritos como tendo viabilidade no protocolo com bicarbonato.

A informação que é necessária, do ponto de vista clínico, é se um território que se apresenta com defeito fixo na cintilografia de estresse-repouso apresenta viabilidade e em que magnitude, uma vez que quanto mais tecido viável, maior a probabilidade de recuperação funcional.

Ambos os protocolos identificaram seis pacientes com viabilidade. Neste estudo não se saberá qual dos protocolos obteve conclusões verdadeiras acerca dos pacientes. E o fato de 32 segmentos no protocolo-padrão terem apresentado melhora perfusional e apenas 16 segmentos (50% a menos) no protocolo com bicarbonato pode ter explicações diferentes. Tal achado poderia sugerir que o protocolo com bicarbonato anteciparia os achados da fase de redistribuição do protocolo-padrão, ou seja, um defeito leve a moderado no exame com bicarbonato, mesmo sem redistribuir, ou uma captação normal em um território sabidamente infartado, são altamente sugestivos de viabilidade. Os achados também poderiam indicar de forma mais precisa os pacientes que apresentam uma quantidade de miocárdio viável que auxilie na indicação da revascularização. Por outro lado, o emprego do bicarbonato poderia dificultar a identificação dos territórios que redistribuem, uma vez que o diagnóstico de viabilidade é feito comparando-se as duas fases do exame e, se uma fase é antecipada pelo bicarbonato, a observação do fenômeno de redistribuição ficaria dificultado.

## Limitações do estudo

Neste estudo, as principais limitações se devem ao pequeno número de participantes, à ausência de comparação com o padrão-ouro e à ausência de seguimento dos pacientes. As informações de um estudo com essas características poderiam trazer informações-chave para uma compreensão da influência do bicarbonato de sódio no estudo de viabilidade miocárdica com  $^{201}\text{Tl}$ . Também ressalta-se o número reduzido de estudos na literatura médica que aborda o tema.

Outra limitação importante do estudo foi a ausência do controle do pH sanguíneo e do nível de potássio sérico, antes e após a administração do bicarbonato. O fato de o número de segmentos normais ter sido maior no protocolo com bicarbonato sugere que houve a influência do bicarbonato de sódio no pH sanguíneo, mas a demonstração direta do efeito não deixaria dúvidas eventuais.

## Conclusão

Neste estudo, a administração do bicarbonato de sódio foi segura e capaz de aumentar a captação do <sup>201</sup>Tl pelo miócito. A expressão desse fenômeno se deu na maior estatística média de contagem do <sup>201</sup>Tl por *pixel* e na menor quantidade de segmentos com defeitos de perfusão. O significado clínico desses achados continua incerto, precisando de mais estudos para a sua elucidação.

### Potencial Conflito de Interesses

Declaro não haver conflitos de interesses pertinentes.

### Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

### Vinculação Universitária

Este artigo representa parte da dissertação de Mestrado de Bernardo Nóbrega de Oliveira pela Universidade Federal do Rio de Janeiro.

## Referências

1. Gheorghide M, Bonow RO. Chronic heart failure in the United States: a manifestation of coronary artery disease. *Circulation*. 1998;97(3):282-9.
2. Allman KC, Shaw LJ, Hachamovitch R, Udelson JE. Myocardial viability testing and impact of revascularization on prognosis in patients with coronary artery disease and left ventricular dysfunction: a meta-analysis. *J Am Coll Cardiol*. 2002;39(7):1151-8.
3. Bonow RO. Identification of viable myocardium. *Circulation*. 1996;94(11):2674-80.
4. Chatterjee K, Swan HJ, Parmley WW, Sustaita H, Marcus HS, Matloff J. Influence of direct myocardial revascularization on left ventricular asynergy and function in patients with coronary heart disease. With and without previous myocardial infarction. *Circulation*. 1973;47(2):276-86.
5. Rees G, Bristow JD, Kremkau EL, Green GS, Herr RH, Griswold HE, et al. Influence of aortocoronary bypass surgery on left ventricular performance. *N Engl J Med*. 1971;284(20):1116-20.
6. Brundage BH, Massie BM, Botvinick EH. Improved regional ventricular function after successful surgical revascularization. *J Am Coll Cardiol*. 1984;3(4):902-8.
7. Inaba Y, Chen JA, Bergmann SR. Quantity of viable myocardium required to improve survival with revascularization in patients with ischemic cardiomyopathy: a meta-analysis. *J Nucl Cardiol*. 2010;17(4):646-54.
8. Bax JJ, Cornel JH, Visser FC, Fioretti PM, van Lingen A, Reijns AE, et al. Prediction of recovery of myocardial dysfunction after revascularization. Comparison of fluorine-18 fluorodeoxyglucose/thallium-201 SPECT, thallium-201 stress-reinjection SPECT and dobutamine echocardiography. *J Am Coll Cardiol*. 1996;28(3):558-64.
9. Ragosta M, Beller GA, Watson DD, Kaul S, Gimple LW. Quantitative planar rest-redistribution <sup>201</sup>Tl imaging in detection of myocardial viability and prediction of improvement in left ventricular function after coronary bypass surgery in patients with severely depressed left ventricular function. *Circulation*. 1993;87(5):1630-41.
10. Tillisch J, Brunken R, Marshall R, Schwaiger M, Mandelkern M, Phelps M, et al. Reversibility of cardiac wall-motion abnormalities predicted by positron tomography. *N Engl J Med*. 1986;314(14):884-8.
11. Senior R, Kaul S, Raval U, Lahiri A. Impact of revascularization and myocardial viability determined by nitrate-enhanced Tc-99m sestamibi and Tl-201 imaging on mortality and functional outcome in ischemic cardiomyopathy. *J Nucl Cardiol*. 2002;9(5):454-62.
12. Weich HF, Strauss HW, Pitt B. The extraction of thallium-201 by the myocardium. *Circulation*. 1977;56(2):188-91.
13. Gewirtz H, Beller GA, Strauss HW, Dinsmore RE, Zir LM, McKusick KA, et al. Transient defects of resting thallium scans in patients with coronary artery disease. *Circulation*. 1979;59(4):707-13.
14. Berger BC, Watson DD, Burwell LR, Crosby IK, Wellons HA, Teates CD, et al. Redistribution of thallium at rest in patients with stable and unstable angina and the effect of coronary artery bypass surgery. *Circulation*. 1979;60(5):1114-25.
15. Schinkel AF, Bax JJ, Sozzi FB, Boersma E, Valkema R, Elhendy A, et al. Prevalence of myocardial viability assessed by single photon emission computed tomography in patients with chronic ischaemic left ventricular dysfunction. *Heart*. 2002;88(2):125-30.
16. Schinkel AF, Poldermans D, Rizzello V, Vanoverschelde JL, Elhendy A, Boersma E, et al. Why do patients with ischemic cardiomyopathy and a substantial amount of viable myocardium not always recover in function after revascularization? *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2004;127(2):385-90.
17. Bax JJ, Poldermans D, van der Wall EE. Evaluation of hibernating myocardium. *Heart*. 2004;90(11):1239-40.



**Artigo Original**

18. Cloninger KG, DePuey EG, Garcia EV, Roubin GS, Robbins WL, Nody A, et al. Incomplete redistribution in delayed thallium-201 single photon emission computed tomographic (SPECT) images: an overestimation of myocardial scarring. *J Am Coll Cardiol.* 1988;12(4):955-63.
19. Gutman J, Berman DS, Freeman M, Rozanski A, Maddahi J, Waxman A, et al. Time to completed redistribution of thallium-201 in exercise myocardial scintigraphy: relationship to the degree of coronary artery stenosis. *Am Heart J.* 1983;106(5 Pt 1):989-95.
20. Yang LD, Berman DS, Kiat H, Resser KJ, Friedman JD, Rozanski A, et al. The frequency of late reversibility in SPECT thallium-201 stress-redistribution studies. *J Am Coll Cardiol.* 1990;15(2):334-40.
21. Kiat H, Berman DS, Maddahi J, De Yang L, Van Train K, Rozanski A, et al. Late reversibility of tomographic myocardial thallium-201 defects: an accurate marker of myocardial viability. *J Am Coll Cardiol.* 1988;12(6):1456-63.
22. Dilsizian V, Rocco TP, Freedman NM, Leon MB, Bonow RO. Enhanced detection of ischemic but viable myocardium by the reinjection of thallium after stress-redistribution imaging. *N Engl J Med.* 1990;323(3):141-6.
23. Ohtani H, Tamaki N, Yonekura Y, Mohiuddin IH, Hirata K, Ban T, et al. Value of thallium-201 reinjection after delayed SPECT imaging for predicting reversible ischemia after coronary artery bypass grafting. *Am J Cardiol.* 1990;66(4):394-9.
24. Tamaki N, Ohtani H, Yamashita K, Magata Y, Yonekura Y, Nohara R, et al. Metabolic activity in the areas of new fill-in after thallium-201 reinjection: comparison with positron emission tomography using fluorine-18-deoxyglucose. *J Nucl Med.* 1991;32(4):673-8.
25. Dilsizian V, Perrone-Filardi P, Arrighi JA, Bacharach SL, Quyyumi AA, Freedman NM, et al. Concordance and discordance between stress-redistribution-reinjection and rest-redistribution thallium imaging for assessing viable myocardium. Comparison with metabolic activity by positron emission tomography. *Circulation.* 1993;88(3):941-52.
26. Basu S, Senior R, Raval U, Lahiri A. Superiority of nitrate-enhanced 201Tl over conventional redistribution 201Tl imaging for prognostic evaluation after myocardial infarction and thrombolysis. *Circulation.* 1997;96(9):2932-7.
27. Perrone-Filardi P, Pace L, Prastaro M, Squame F, Betocchi S, Soricelli A, et al. Assessment of myocardial viability in patients with chronic coronary artery disease. Rest-4-hour-24-hour 201Tl tomography versus dobutamine echocardiography. *Circulation.* 1996;94(11):2712-9.
28. Hetzel KR, Westerman BR, Quinn JL 3rd, Meyers S, Barresi V. Myocardial uptake of thallium-201 augmented with bicarbonate: concise communication. *J Nucl Med.* 1977;18(1):24-5.
29. Sarin B, Chugh PK, Kaushal D, Soni NL, Sawroop K, Mondal A, et al. Sodium bicarbonate-augmented stress thallium myocardial scintigraphy. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2004;31(4):475-81.
30. Pellini M, Lima RSL, De Lorenzo AR, Mesquita C. Influence of bicarbonate infusion in myocardial viability detection with rest-redistribution thallium 201 protocol. *J Nucl Cardiol.* 2007;14(2):S10.
31. Braunwald E. Aspectos clínicos da insuficiência cardíaca; edema pulmonar, insuficiência de alto débito. In: Zipes DP, Libby P, Bonow RO, Braunwald E, eds. *Tratado de doenças cardiovasculares.* 7a ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2006. p.539-68.
32. Cerqueira MD, Weissman NJ, Dilsizian V, Jacobs AK, Kaul S, Laskey WK, et al; American Heart Association Writing Group on Myocardial Segmentation and Registration for Cardiac Imaging. Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart: a statement for healthcare professionals from the Cardiac Imaging Committee of the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association. *Circulation.* 2002;105(4):539-42.