

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA  
CAMPUS FLORIANÓPOLIS  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE SAÚDE E SERVIÇOS  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA**

**VITOR FELIPE DUTRA**

**ANÁLISE COMPARATIVA DOS PROTOCOLOS DE UM E DOIS DIAS DE  
CINTILOGRAFIA DE PERFUSÃO MIOCÁRDICA**

**FLORIANÓPOLIS, JUNHO DE 2017.**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA  
CAMPUS FLORIANÓPOLIS  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE SAÚDE E SERVIÇOS  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA**

**VITOR FELIPE DUTRA**

**ANÁLISE COMPARATIVA DOS PROTOCOLOS DE UM E DOIS DIAS DE  
CINTILOGRAFIA DE PERFUSÃO MIOCÁRDICA**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Tecnólogo em Radiologia.

Professora Orientadora: Tatiane Sabriela Cagol Camozzato, Dra.

**FLORIANÓPOLIS, JUNHO DE 2017.**

**ANÁLISE COMPARATIVA DOS PROTOCOLOS DE UM E DOIS DIAS DE  
CINTILOGRAFIA DE PERFUSÃO MIOCÁRDICA**

**VITOR FELIPE DUTRA**

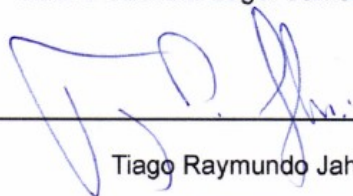
Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do Título de Tecnólogo em Radiologia e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso Superior de Tecnologia em Radiologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 28 de junho, 2017

Banca examinadora:



Tatiane Sabriela Cagol Camozzato, Dra.



Tiago Raymundo Jahn.



Alexandre D'Agostini Zottis, Dr.

Dedico este trabalho à minha mãe, Claudete Dutra, e minha avó, Juliadora Braulina da Silva Dutra, por todos os anos de amor e suporte, e a meu tio, Ednilso Dutra, que infelizmente não pode acompanhar o desfecho desta etapa. Descanse em paz.

## AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Claudete Dutra, e à minha avó, Juliadora Braulina da Silva Dutra, por todos os anos de amor, suporte e paciência.

Ao meu tio Edenilso Dutra, que me acompanhou durante todas as etapas de minha vida como um irmão e, infelizmente, não pode acompanhar o desfecho de mais uma.

À *University of Iowa* e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, que possibilitaram o aprendizado ao longo de vários anos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, que possibilitou a incrível experiência de intercâmbio através do programa Ciência sem Fronteiras.

Ao *University of Iowa Hospital and Clinics* e ao professor Anthony Knight, que me acolheram durante dois semestres e tiveram grande impacto no meu conhecimento da área de radiologia.

À professora Tatiane Sabriela Cagol Camozzato, que orientou meu trabalho de conclusão de curso e guiou meu desenvolvimento acadêmico ao longo do curso.

À Hannah Lima Neves Pinho, seus irmãos, Hianca Lima Neves Pinho, Guilherme Lima Neves Pinho, Sophia Birdella Davis, à sua mãe, Marjorie Davis, e a seu pai, Daniel Davis, que foram minha família durante um ano que fiquei longe de casa.

Ao meu grande amigo Dener Henrique Gonçalves Ferreira, que além de compartilhar diversos momentos alegres, ajudou-me a trilhar esses últimos quatro anos até a graduação.

## RESUMO

Dentre os exames realizados na rotina de um serviço de medicina nuclear, a cintilografia de perfusão miocárdica destaca-se por sua alta demanda. Existem quatro tipos de protocolos, variando entre número de dias e ordem de realização das etapas, para a realização deste exame. A partir deste fato, a pesquisa comparou os protocolos realizados, avaliando a viabilidade de implantação do modelo *stress*-repouso de dois dias como padrão em um serviço de medicina nuclear de Florianópolis, Santa Catarina. Por meio de observação da realização de 60 cintilografias de perfusão miocárdica, 20 para cada tipo de protocolo aplicados na instituição, foram avaliadas características referentes ao protocolo e materiais utilizados, bem como a duração total do procedimento. Os protocolos de dois dias apresentaram um custo em média 30% reduzido em comparação ao protocolo de um dia, além de que os protocolos *stress*-repouso e repouso-*stress* de dois dias apresentaram uma duração de, em média, de  $245,4 \pm 48,95$  minutos e  $188,2 \pm 38,11$ , respectivamente, 30% e 26% menor do que o protocolo de um dia, que teve duração média de  $193,90 \pm 37,26$  minutos. Chegou-se a conclusão de que os protocolos de dois dias apresentam melhor relação custo-benefício para o serviço e para o paciente, principalmente o protocolo *stress*-repouso, pela possibilidade adicional de reduzir uma de suas etapas em certos casos.

**Palavras-chave:** Cintilografia de Perfusão do Miocárdio. Radiofármaco. Medicina Nuclear.

## ABSTRACT

Among the procedures performed on a nuclear medicine clinic's routine, the myocardial perfusion imaging stands out for its high demand. There are four types of protocol from which this procedure can be performed, varying between the number of days and the acquisition order of the steps. From this fact, the research compared the executed protocols, evaluating the viability of setting the two days stress-rest protocol as standard for a nuclear medicine clinic in Florianópolis, Santa Catarina. By observing the execution of 60 myocardial perfusion imaging procedures, 20 for each type of protocol applied in the institution, characteristics from the protocol and materials utilized, as well as the total duration of the procedure, were evaluated. The two-days protocols showed a medium cost 30% reduced in comparison to the one-day protocol, moreover the two-days stress-rest and rest-stress protocols showed a medium duration of  $245,4 \pm 48,95$  minutes and  $188,2 \pm 38,11$  minutes, respectively, 30% and 26% lower than the one-day protocol, which presented a medium duration of  $193,90 \pm 37,26$  minutes. The conclusion reached was that the two-days protocols show a better cost-benefit for both patient and clinic, mainly the stress-rest protocol, because of the possibility of, in certain cases, reducing one of its steps.

**Keywords:** Myocardial Perfusion Imaging. Radiopharmaceutical. Nuclear Medicine.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

$^{99}\text{Mo}$  – Molibdênio-99;

$^{99\text{m}}\text{Tc}$  – Tecnécio-99-metaestável;

$^{201}\text{Tl}$  – Tálcio-201;

ALARA – Tão Baixo Quanto Razoavelmente Exequível (do inglês *As Low as Reasonably Achievable*);

CEPSES-SC – Comitê de Ética em Pesquisa da Secretária Estadual de Saúde de Santa Catarina;

CI – Cardiopatia Isquêmica;

CPM – Cintilografia de Perfusão Miocárdica;

IM – Infarto do Miocárdio;

$\text{K}^+$  – Cátion Potássio;

kg – quilograma;

mCi – *miliCurie*;

mSv – *miliSievert*;

MN – Medicina Nuclear;

Na/K – Bomba de Sódio-Potássio;

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.



## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>   | <b>11</b> |
| 1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA E FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....                        | 12        |
| 1.2 JUSTIFICATIVA.....   | 12        |
| 1.3 OBJETIVO GERAL.....  | 13        |
| 1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....   | 13        |
| <b>2 REVISÃO DA LITERATURA.....</b>  | <b>14</b> |
| 2.1 USO DA RADIAÇÃO IONIZANTE EM MEDICINA NUCLEAR.....                       | 15        |
| 2.2 PROTEÇÃO RADIOLÓGICA EM MEDICINA NUCLEAR.....                            | 17        |
| <b>2.2.1 Limites de Dose.....</b>  | <b>19</b> |
| 2.3 CINTILOGRAFIA DE PERFUSÃO MIOCÁRDICA.....                                | 20        |
| <b>2.3.1 Etapa de Repouso.....</b>   | <b>21</b> |
| <b>2.3.2 Etapa de Stress.....</b>  | <b>22</b> |
| 2.4 RADIOFÁRMACOS UTILIZADOS NA CINTILOGRAFIA DE PERFUSÃO<br>MIOCÁRDICA..... | 23        |
| <b>2.4.1 Tálcio-201.....</b>   | <b>23</b> |
| <b>2.4.2 Tecnécio-99-metaestável.....</b>                                    | <b>24</b> |
| 2.5 PROTOCOLOS UTILIZADOS NA CINTILOGRAFIA DE PERFUSÃO<br>MIOCÁRDICA.....    | 25        |
| <b>2.5.1 Protocolos de Um Dia.....</b>                                       | <b>26</b> |
| <b>2.5.2 Protocolos de Dois Dias.....</b>                                    | <b>28</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>3 METODOLOGIA.....</b>   | <b>31</b> |
| 3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....                                       | 31        |
| <b>3.1.1 Coleta dos Dados.....</b>                                      | <b>31</b> |
| <b>3.1.2 Levantamento de Valores.....</b>                               | <b>34</b> |
| <b>3.1.3 Análise dos Dados Obtidos.....</b>                             | <b>35</b> |
| 3.2 PARTICIPANTES DA PESQUISA.....                                      | 35        |
| 3.3 ASPECTOS ÉTICOS.....  | 35        |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>                                    | <b>36</b> |
| 4.1 ATIVIDADE ADMINISTRADA.....   | 36        |
| 4.2 CUSTO DE PROCEDIMENTO.....  | 37        |
| 4.3 TEMPO DE EXAME.....   | 38        |
| 4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....   | 39        |
| <b>5 CONCLUSÃO.....</b>   | <b>41</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>   | <b>43</b> |
| <b>APÊNDICES.....</b>   | <b>45</b> |
| APÊNDICE A – MODELO DE TABELA DAS INFORMAÇÕES SOBRE O PROCEDIMENTO..... | 46        |
| APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....            | 47        |
| APÊNDICE C – AUTORIZAÇÃO PARA A UTILIZAÇÃO DE DADOS.....                | 49        |

## 1 INTRODUÇÃO

A medicina nuclear (MN) é uma especialidade médica que utiliza as propriedades radioativas de substâncias conhecidas como radiofármacos para a realização de avaliações diagnósticas da anatomia e/ou fisiologia do corpo, e também com finalidades terapêuticas para alguns tipos de patologias (KOWALSKY; FALEN, 2011).

A utilização de radiação ionizante, mesmo que para fins diagnósticos e/ou terapêuticos, traz riscos à saúde e, por isto, seu uso é baseado no princípio ALARA (do inglês, *as low as reasonably achievable*), ou seja, tão baixo quanto razoavelmente exequível. (BUSHONG, 2013) O princípio ALARA aplica-se também à MN, onde os protocolos de procedimento são criados de maneira a usar a menor atividade do radiofármaco possível e que permita a obtenção dos resultados esperados, bem como procurar-se escolher sempre elementos radioativos de meia-vida curta (KOWALSKY; FALEN, 2011).

Kumar *et al* (2010) relatam que, no mundo, a maior causa de mortes, tanto para homens quanto para mulheres, é a cardiopatia isquêmica (CI). Mesmo com os avanços diagnósticos e terapêuticos, aproximadamente 500.000 pessoas, por ano, morrem em decorrência de CI nos Estados Unidos. A CI, por sua vez, é uma das principais indicações clínicas para a realização de cintilografias de perfusão miocárdica (CPM), exame este que representa cerca de 40% da demanda de procedimentos em serviços de MN (THRALL; ZIESSMAN, 2003).

A realização da CPM varia de acordo com cada serviço de MN, sendo sugerida no Brasil pela Sociedade Brasileira de Medicina Nuclear (SBMN). Conforme as orientações sugeridas por Amorim e Mesquita (2016), para exames que fazem o uso de radiofármacos com agentes quelantes do tecnécio-99-metaestável ( $^{99m}\text{Tc}$ ), existem quatro tipos de protocolos variando de acordo tanto com a quantidade de dias e a ordem de realização do procedimento quanto as suas etapas de repouso e *stress*, além da quantidade de radioatividade administrada.

Diante destes fatores, o presente estudo comparou os diferentes tipos de protocolos de CPM utilizados em um serviço de MN de Florianópolis avaliando a viabilidade da utilização do protocolo *stress*-repouso de dois dias como padrão na realização do exame.

## 1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA E FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Diante da alta demanda de exames de cintilografia de perfusão miocárdica dentro dos serviços de medicina nuclear e seu valor diagnóstico, a presente pesquisa visa responder à seguinte pergunta: a realização do protocolo *stress*-repouso de dois dias, no exame de cintilografia de perfusão miocárdica, é viável para utilização como protocolo padrão?

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A ideia para a elaboração deste trabalho surgiu da observação do emprego do protocolo utilizado para os exames de cintilografia de perfusão miocárdica no *University of Iowa Hospital and Clinics*, localizado em Iowa, Estados Unidos da América. Em Iowa, eram realizadas primeiramente avaliações da etapa em *stress* do exame e, caso os resultados obtidos fossem normais, o paciente não era submetido à fase de repouso, resultando em menores custos e tempo de exame.

Além disso, a preocupação do pesquisador com a saúde dos pacientes submetidos a este tipo de procedimento, que faz uso de radiação ionizante, fez-se importante também para a escolha da realização deste trabalho, já que uma menor atividade de radiação é fornecida quando o protocolo de perfusão miocárdica com *stress* é realizado primeiro e não é realizada a etapa de repouso, permitindo-se fornecer a menor atividade possível ao paciente.

O tema desta pesquisa é também relevante pela alta demanda de exames de cintilografia para perfusão miocárdica nos serviços de medicina nuclear, sendo uma parcela representativa no total de exames mensais e, em muitos casos, o “carro-chefe” de demandas do serviço. A redução no tamanho e duração do

procedimento implica diretamente na possibilidade de atender mais pacientes em um mesmo período de tempo.

Esta pesquisa buscou então averiguar a viabilidade da realização do protocolo *stress-reposo* de dois dias da CPM como padrão na realização do procedimento, já que, em alguns casos, é possível realizar apenas a etapa de *stress* deste protocolo. Isso possibilita um maior número de atendimentos do que o atual da parte de serviços que adotam o modelo de sempre realizar as duas etapas, resultando também na redução de atividade administrada ao paciente durante a realização do procedimento.

### 1.3 OBJETIVO GERAL

Comparar os protocolos de cintilografia de perfusão miocárdica utilizados, avaliando a viabilidade de implementação do protocolo *stress-reposo* de dois dias como padrão do procedimento, em um serviço de MN de Florianópolis.

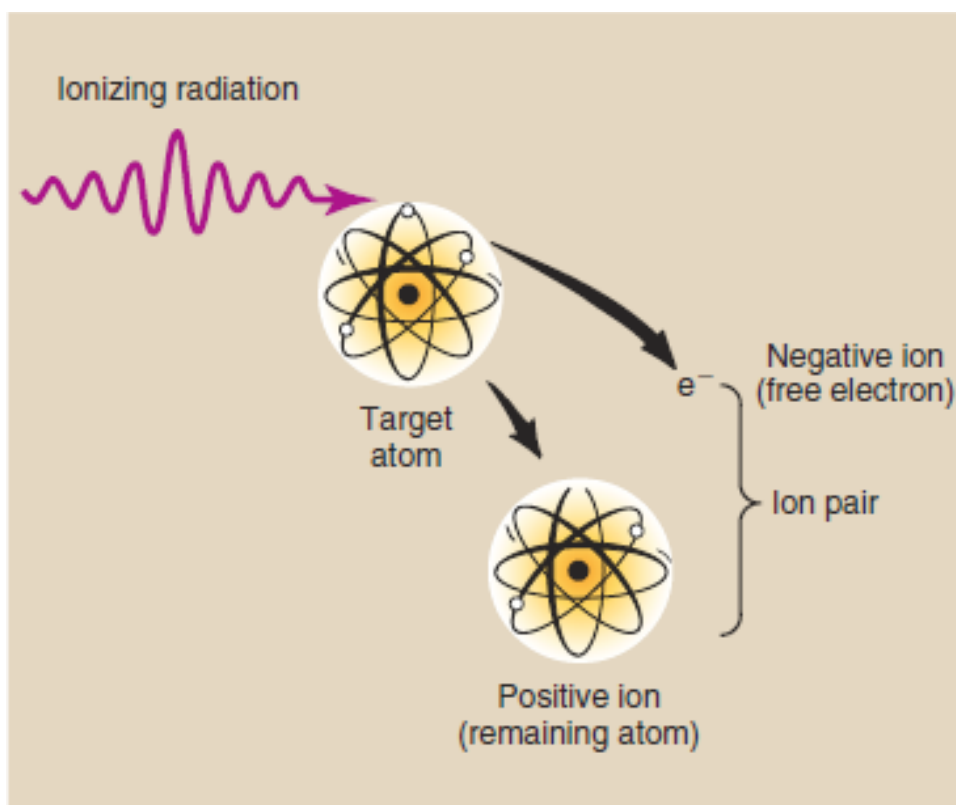
### 1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) identificar os protocolos para cintilografia de perfusão miocárdica utilizados pelo serviço de MN;
- b) registrar o tempo de exame, custo e atividade administrada de cada um dos protocolos avaliados;
- c) comparar o tempo de exame, custo e atividade administrada entre os diferentes tipos de protocolos avaliados.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

O principal fator determinante dos métodos radiodiagnósticos é a utilização da radiação ionizante. Chama-se de radiação ionizante todo tipo de radiação que tem a capacidade de ionizar um átomo, isto é, retirar um elétron orbital, como demonstrado na Figura 1. A origem da radiação ionizante pode ser tanto natural/ambiental quanto produzida artificialmente por seres humanos. Das fontes naturais/ambientais tem-se a radiação proveniente de raios cósmicos, a radiação terrestre, a proveniente de radionuclídeos e o radônio, nenhuma delas possuindo emissão controlável. Já a radiação artificialmente produzida recebe a denominação de raios X e tem a característica de emissão controlada, cessando conforme desejo do operador do equipamento emissor (BUSHONG, 2013).

Figura 1 – Representação da interação da radiação ionizante com um átomo.



Fonte: Bushong, 2013.

Ainda segundo Bushong (2013), a radiação ionizante pode apresentar-se na forma de radiação eletromagnética, como no caso dos raios X, raios gama ( $\gamma$ ) e luz ultravioleta, ou por meio de partículas, a radiação corpuscular, também com capacidade de ionização devido a sua alta energia cinética, como no caso das partículas alfa ( $\alpha$ ) e beta ( $\beta$ ). Grande maioria dos métodos radiodiagnósticos como na aquisição de radiografias, densitometrias ósseas e a tomografia computadorizada fazem o uso exclusivo de raios X.

Nos procedimentos radiodiagnósticos, onde se faz uso de raios X, a exposição à radiação ionizante acontece através da irradiação do tecido vivo por meio de uma fonte externa, de maneira que o feixe de radiação transponha o tecido e chegue a um receptor de imagem, capaz de formar a imagem diagnóstica com os fótons absorvidos nele (CARROLL, 2011).

## 2.1 USO DA RADIAÇÃO IONIZANTE EM MEDICINA NUCLEAR

A MN, diferentemente de outras especialidades da radiologia, faz o uso de ambas as formas de radiação ionizante, sendo a radiação eletromagnética, por meio dos raios  $\gamma$  e, em alguns casos, os raios X, e também a radiação corpuscular, por meio das partículas  $\alpha$ ,  $\beta$  e pósitrons. Outra importante diferença da MN em relação aos outros métodos radiodiagnósticos é o uso de radionuclídeos ao invés de fontes geradoras de radiação ionizante. Radionuclídeos são átomos que possuem um núcleo instável e que passam pelo processo de decaimento radioativo, onde radiação ionizante é liberada por meio de partículas e/ou ondas eletromagnéticas, de maneira que o núcleo atinja estabilidade (METTLER; GUIBERTEAU, 2012).

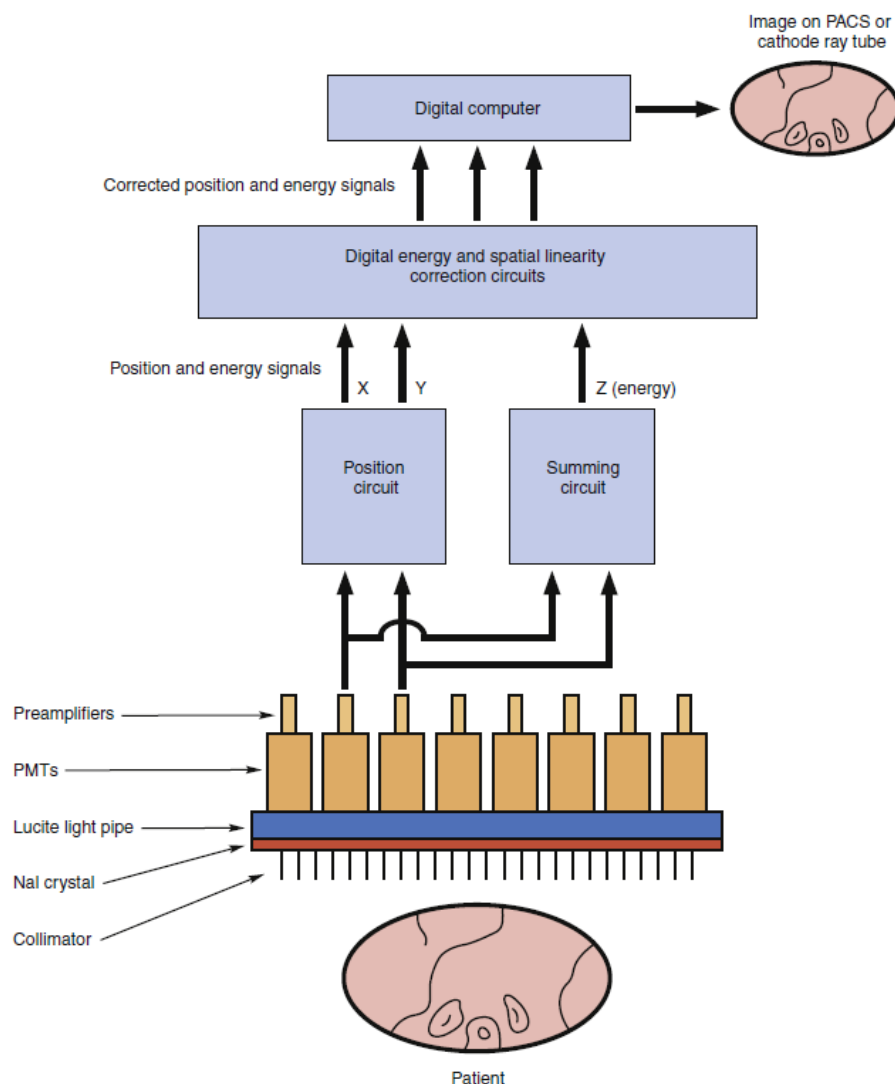
Além da diferença de tipo e fonte de radiação ionizante utilizada na MN em relação a outras especialidades da radiologia, ainda soma-se o fato de que, diferentemente da aquisição de imagens em exame de tomografia, por exemplo, onde uma fonte de radiação produz um feixe de fótons que irradia o paciente, na MN o paciente torna-se a própria “fonte” de radiação por meio da administração de substâncias denominadas radiofármacos. Os radiofármacos são substâncias que

possuem em sua composição radionuclídeos e que visam direcionar o material radioativo a partes específicas do corpo (KOWALSKY; FALEN, 2011).

Enquanto as partículas  $\alpha$  e  $\beta$  são utilizadas em procedimentos terapêuticos dentro da MN, os raios  $\gamma$  e pósitrons são utilizados em procedimentos com a finalidade de aquisição de imagens diagnósticas. Mais especificamente, é por meio dos raios  $\gamma$  que tornam-se possíveis os procedimentos conhecidos como cintilografias. Estas cintilografias fazem uso de um equipamento chamado de câmara de cintilação gama, por muitas vezes chamado apenas de gama-câmara ou ainda câmara Anger. Como pode ser observado na Figura 2, a gama-câmara funciona na detecção de raios  $\gamma$  emitidos pelos radionuclídeos presentes dentro do corpo do paciente. Estes raios  $\gamma$  passam pelos colimadores e chegam ao cristal de cintilação, onde há interação e a emissão de luz pelos cristais, que é captada pelas fotomultiplicadoras. Ao passar pelas fotomultiplicadoras, a luz é convertida em sinal elétrico e este então é amplificado. Por último o sinal elétrico amplificado passa por um circuito eletrônico e é então direcionado ao computador, onde a imagem é propriamente formada com o auxílio de softwares (THRALL; ZIESSMAN, 2003; METTLER; GUIBERTEAU, 2012)



Figura 2 – Esquemático de funcionamento de um gama-câmara.



Fonte: Mettler e Guiberteau, 2012.

## 2.2 PROTEÇÃO RADIOLÓGICA EM MEDICINA NUCLEAR

Apesar de suas funções diagnósticas, segundo Bushong (2013), todo tipo de radiação ionizante traz riscos à saúde pela sua principal característica, a capacidade de ionização da matéria. A ionização de células pode causar eventuais danos às funcionalidades destas, dependendo da dose fornecida e do tempo de exposição, além da sensibilidade do tecido orgânico alvo.

Conforme orienta a Agência Internacional de Energia Atômica (1999), toda utilização de radiação ionizante para fins diagnósticos e/ou terapêuticos deve seguir três princípios para a garantia de segurança do profissional e do indivíduo submetido ao diagnóstico ou tratamento: a justificação da prática, isto é, o benefício da realização de um procedimento que envolve radiação ionizante deve ser maior do que os riscos de sua utilização; a limitação de dose, feita pela adequação da dose de radiação ionizante empregada de maneira que a dose efetiva ou a dose equivalente total não ultrapassem os limites para cada tipo de tecido vivo; e a otimização de proteção e segurança, que é a garantia de que a dose de radiação ionizante vai ser mantida o mais baixa quanto possível não somente para o paciente, mas como também para todos os profissionais e pessoas próximas, por meio de medidas de segurança e uso de equipamentos de proteção.

Dentro da realidade de um serviço de medicina nuclear, estes princípios são alcançados em maioria como nas outras especialidades radiológicas, como por meio da ponderação da necessidade de realização dos estudos de imagem de acordo com o benefício que podem trazer e a redução de radioatividade administrada aos pacientes e, conseqüentemente, da dose de radiação recebida por estes. Porém, diferentemente de outras áreas, onde em grande parte do tempo a radiação ionizante é obtida por meios artificiais em equipamentos e pode ser interrompida, na medicina nuclear a principal fonte de radiação é o próprio paciente injetado com material radioativo. De maneira a evitar altos índices de exposição ocupacionais, os profissionais devem seguir alguns cuidados adicionais, como reduzir o tempo de permanência próximo a pacientes administrados com material radioativo e também procurar sempre manter a maior distância possível destes, de preferência sempre atrás de anteparos que realizem a blindagem da radiação ionizante (KOWALSKY; FALEN, 2011).

Não somente o paciente, Kowalsky e Falen (2011) ainda trazem a necessidade de cautela na manipulação e preparo dos materiais radioativos que serão administrados aos pacientes, visto que estes também são responsáveis por grande parte da exposição ocupacional. As mesmas regras de tempo, distância e blindagem devem ser seguidas quando o profissional está próximo a estes materiais.

### 2.2.1 Limites de Dose

Para os indivíduos do público, tanto em nível nacional, com a norma nuclear nº 3.01 (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 2014), quanto em nível internacional, com a publicação nº 103 da Comissão Internacional em Proteção Radiológica (INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION PROTECTION, 2007), trazem que a dose efetiva total para indivíduos do público não deve ser superior a 1 *miliSievert* (mSv) por ano, não levando-se em conta a exposição à radiação por razões médicas. Conforme descreve Lombardi (2007), a dose efetiva é uma forma de mensuração de dose de radiação recebida por um indivíduo levando-se em conta a radiosensibilidade e dose recebida por cada um dos tecidos ou órgãos do corpo.

Na realização da CPM, a dose fornecida ao paciente esta diretamente ligada à atividade administrada do radiofármaco, já que a principal característica do radiofármaco, como o nome sugere, é a presença de radioatividade. Partindo dos princípios de limitação e otimização da dose de radiação fornecidas ao paciente, busca-se sempre administrar a menor quantidade de atividade possível para a realização de um procedimento, a CPM incluída. Como pode ser vista na Tabela 1, a dose efetiva de radiação é superior nos protocolos de um dia quando comparados aos protocolos de dois dias. Tendo como base os dados referentes a dose efetiva dos procedimentos de CPM dispostos por Henzlova *et al* (2016), os valores de dose efetiva, ainda que sejam provenientes de exposição médica, podem ser 1260% superiores em relação ao sugerido por normas e recomendações para a exposição de indivíduos do público.

Tabela 1 – Atividades sugeridas e doses efetivas correspondentes dos protocolos de cintilografia de perfusão miocárdica.

|  | Primeira Etapa |                              |                    | Segunda Etapa |                              |                    | Dose Efetiva Total (mSv) |
|--|----------------|------------------------------|--------------------|---------------|------------------------------|--------------------|--------------------------|
|  | Etapa          | Atividade Administrada (mCi) | Dose Efetiva (mSv) | Etapa         | Atividade Administrada (mCi) | Dose Efetiva (mSv) |                          |
| <b>Protocolo Repouso-Stress de Um Dia</b>    | Repouso        | 8 – 12                       | 2,3 – 3,5          | Stress        | 24 – 36                      | 6,1 – 9,1          | 8,4 – 12,6               |
| <b>Protocolo Stress-Repouso de Dois Dias</b> | Stress         | 8 – 12                       | 2 – 3              | Repouso       | 8 – 12                       | 2,3 – 3,5          | 4,3 – 6,5                |
| <b>Protocolo Repouso-Stress de Dois Dias</b> | Repouso        | 8 – 12                       | 2,3 – 3,5          | Stress        | 8 – 12                       | 2 – 3              | 4,3 – 6,5                |

Fonte: Adaptado de Henzlova *et al*, 2016.

### 2.3 CINTILOGRAFIA DE PERFUSÃO MIOCÁRDICA

Dos exames para diagnóstico de patologias cardíacas, a MN destaca-se pela possibilidade da realização de exames pouco invasivos e com uma boa acurácia de avaliação funcional. Dentre os procedimentos de diagnóstico cardíacos realizados nos serviços de MN, destaca-se a CPM, que além de destaque dentre todos os outros procedimentos cardíacos ainda representa uma grande e vital parcela dos exames solicitados aos serviços de MN (THRALL; ZIESSMAN, 2003). Das indicações clínicas para a realização de uma CPM, as mais comuns são: detecção e avaliação de cardiopatia isquêmica (CI), avaliação de viabilidade para colocação de marcapasso ou realização de angioplastia e avaliação de infarto do miocárdio (IM) (SHACKETT, 2009).

As principais funções orgânicas realizadas pelo corpo humano se devem ao apropriado funcionamento da função de bomba sanguínea do coração, que permite a correta oxigenação das células. Esta função só apresenta bom funcionamento mediante o suprimento sanguíneo suficiente para o músculo cardíaco. A avaliação diagnóstica de patologias que levam ao comprometimento do suprimento sanguíneo é possível pela avaliação do fluxo sanguíneo no miocárdio e

da reserva de fluxo. Os radiofármacos disponíveis para a realização da CPM atuam como marcadores da perfusão miocárdica, ou seja, permitem a visualização do fluxo sanguíneo presente no músculo cardíaco no momento de exame, devido a propriedades químicas e físicas dos mesmos (THOM; SMANIO, 2007).

Segundo Thrall e Ziessman (2003), existem três radiofármacos disponíveis atualmente para a realização da CPM, sendo eles o tálio-201 ( $^{201}\text{Tl}$ ), o  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Sestamibi e o  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -tetrofosmin. Apesar das diferenças existentes entre cada um destes radiofármacos, eles apresentam duas principais características que permitem a apropriada visualização da perfusão miocárdica por meio da CPM: o radiotraçador chega efetivamente ao miocárdio e as células cardíacas metabolicamente ativas permitem a entrada deste radiotraçador. Desta forma as imagens da CPM evidenciam deficiências de perfusão sanguínea no miocárdio em regiões onde são observadas ausência de fótons, já que não há presença de células metabolicamente ativas nestas regiões, possibilitando então o diagnóstico da CI.

Mesmo que existam diferentes protocolos para realização do exame, de maneira geral a CPM consiste de duas etapas de aquisição de imagem: a etapa de repouso e a etapa de *stress*.

### **2.3.1 Etapa de Repouso**

Partindo-se do pressuposto de que a CPM busca avaliar o fluxo sanguíneo para o miocárdio, a etapa de repouso é realizada de maneira a representar o músculo cardíaco em um momento que não há grande demanda de fluxo sanguíneo para a região. É a partir dessas imagens e, conseqüentemente as da etapa de *stress*, que é possível perceber a ausência ou não de defeitos ou anomalias entre os dois conjuntos de imagens obtidos. As alterações de imagens são notadas na ausência de captação de fótons em uma determinada área, já que o radiofármaco não alcançará regiões onde não há perfusão adequada no miocárdio (KOWALSKY; FALEN, 2011).

Ainda segundo Kowalsky e Falen (2011), para a evidência de alterações nas imagens de *stress* que não aparecem nas de repouso, a causa da falta de

perfusão é provavelmente a de isquemia. Na eventualidade de ambas as imagens apresentarem anormalidades de perfusão semelhantes, a provável causa é a de formação de cicatriz no miocárdio, devido a um infarto prévio, isto é, o músculo cardíaco é substituído por tecido conjuntivo fibroso.

### 2.3.2 Etapa de Stress

A etapa de *stress*, de maneira análoga ao que acontece na fase de repouso, busca representar o músculo cardíaco em um momento que há grande demanda de fluxo sanguíneo na região. Esta condição é alcançada por meio de ou exercício físico ou por meio de agentes farmacológicos que simulem o efeito do exercício físico sobre o coração. No exercício físico, o método preferível de obtenção da carga máxima cardíaca é por meio da caminhada ou corrida na esteira, fazendo uso de um protocolo de Bruce modificado, que consiste no aumento gradual de velocidade até atingir-se um valor de 85% do batimento cardíaco em relação a um máximo valor para a idade. Ao atingir-se esse valor é realizada a administração do radiofármaco (KOWALSKY; FALEN, 2011).

Com o estímulo do exercício físico, aumenta-se o débito cardíaco do paciente, o que causa uma vasodilatação coronariana e, por consequência, um maior fluxo sanguíneo miocárdico. Todo o período de exercício na esteira é monitorado por eletrocardiograma na presença de um cardiologista e, no caso de intercorrências como anormalidades dos batimentos cardíacos ou ainda angina pectoris moderada ou severa, fadiga excessiva, ataxia ou síncope, é sinalizada a necessidade de interromper o procedimento (HENZLOVA et al, 2016).

No caso de realizar o exercício físico por meio da esteira ser um método inviável para o paciente, devido a limitações físicas ou psicológicas, têm-se a opção de realizar o *stress* cardíaco por indução dos agentes farmacológicos dipiridamol, adenosina, regadenoson ou dobutamina. Tanto o dipiridamol quanto a adenosina e o regadenoson são agentes farmacológicos vasodilatadores, e promovem a indução de *stress* pela dilatação de vasos coronarianos saudáveis, o que causa um aumento de perfusão sanguínea. Já a dobutamina é um agonista do receptor beta 1 ( $\beta_1$ ),

receptor este que, ao ser ativado, aumenta a frequência cardíaca e força de contração, elevando o débito cardíaco, isto é, aumentando o volume sanguíneo que é bombeado pelo coração. Este débito cardíaco provoca uma dilatação dos vasos coronarianos de maneira similar ao que ocorre na realização do exercício físico, aumentando a perfusão sanguínea na região onde há presença de vasos prévios (KOWALSKY; FALEN, 2011).

Nota-se, no entanto, que o uso de fármacos como meios de indução do *stress* cardíaco requerem preparação adicional do paciente previamente à administração, como, por exemplo, no uso de vasodilatadores, não ingerir alimentos, bebidas ou medicamentos que contenham cafeína por no mínimo 12 horas antes do procedimento. Associa-se ainda os efeitos colaterais destes fármacos, como arritmia cardíaca, cefaleia, náuseas, entre outros (HENZLOVA et al, 2016).

## **2.4 RADIOFÁRMACOS UTILIZADOS NA CINTILOGRAFIA DE PERFUSÃO MIOCÁRDICA**

Existem dois tipos de radiofármacos utilizados na realização da CPM: o próprio radionuclídeo  $^{201}\text{Tl}$  na forma química de cloreto de Tálío, ou radiofármacos marcados com o radionuclídeo  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ . Não somente nos radionuclídeos, os dois tipos de radiofármacos diferem no modo de ação no músculo cardíaco e, conseqüentemente, são também traduzidos para diferenças nos protocolos de aquisição de imagem (THOM; SMANIO, 2007).

### **2.4.1 Tálío-201**

O  $^{201}\text{Tl}$  é um radioisótopo produzido em ciclotrón, possuindo uma meia vida de 73 horas e que decai por captura eletrônica, gerando raios X na faixa de 69 a 80 keV, sendo estes utilizados para posterior aquisição de imagens. Sua administração é feita por via endovenosa (THOM; SMANIO, 2007).

A forma de ação do  $^{201}\text{Tl}$  no miocárdio é similar ao do cátion de Potássio ( $\text{K}^+$ ), saindo da circulação sanguínea para o interior das células por intermédio da bomba de sódio-potássio ( $\text{Na/K}$ ). Apesar de aproximadamente 90% dos ions de tálío

serem transferidos para o interior dos miócitos já na primeira passagem do material na corrente sanguínea, apenas 5% do volume ventricular é direcionado para a circulação coronária, o que limita a captação no miocárdio a este percentual (THOM; SMANIO, 2007).

Uma das principais características da utilização do  $^{201}\text{Tl}$  na realização da CPM é a capacidade de redistribuição que o radiofármaco apresenta. Como descrito pela Sociedade Brasileira de Cardiologia (2006), de 3 a 4 horas após a administração do radiofármaco no pico de *stress* cardíaco, o material sofre uma redistribuição dentro do próprio miocárdio, isto é, áreas onde ocorreu eventual hipoperfusão sanguínea durante o *stress*, etapa onde há um maior débito cardíaco, podem ter uma perfusão normalizada algumas horas depois em repouso, quando a demanda de fluxo cardíaco é menor.

Apesar da capacidade de redistribuição apresentada pelo  $^{201}\text{Tl}$ , este radiofármaco acabou caindo em desuso devido à baixa energia para a aquisição de imagens e impossibilidade de administração de atividades elevadas devido à alta dose de radiação para o corpo em relação ao  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  (HENZLOVA et al, 2016).

#### **2.4.2 Tecnécio-99-metaestável**

O  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  é obtido por meio da eluição de geradores de  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ , na forma química de pertecnetato de sódio, apresentando meia vida de 6 horas e emissão de raios gama de 140 keV, utilizados para aquisição de imagens. O radionuclídeo  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  deve ser ligado a um fármaco para o estudo da perfusão miocárdica, podendo ser este o Sestamibi ou o Tetrofosmin (THOM; SMANIO, 2007).

O sestamibi é um cátion lipofílico do grupo das isonitrilas que, ao ser marcado com  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  e administrado por via endovenosa, é captado pelos miócitos por meio de difusão passiva e se concentra nas mitocôndrias, sendo esta captação determinada pelo fluxo sanguíneo no miocárdio. A excreção do material dá-se principalmente pelo sistema hepatobiliar, o que impede a realização de imagens imediatamente após a administração do radiofármaco, devido a elevada captação hepática e em alças intestinais. Atualmente o  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -sestamibi é o radiofármaco mais



utilizado nos serviços de MN no Brasil devido a sua ampla disponibilidade e custo-benefício. Sua marcação requer o fervimento por um período de 6 a 10 minutos após adicionado o pertecnetato de sódio (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA, 2006).

Já o tetrofosmin, conforme descreve ainda a Sociedade Brasileira de Cardiologia (2006), apesar de pertencer ao grupo farmacológico das difosfinas, tem um meio de ação similar ao do sestamibi. As duas principais diferenças entre os dois radiofármacos são que não é necessário processo de fervimento durante a marcação do tetrofosmin e este também apresenta uma excreção mais rápida pelo sistema hepatobiliar, permitindo a aquisição de imagens após um menor intervalo de tempo.

Apesar de possuir uma faixa energética mais favorável para a aquisição de imagens, nenhum dos radiofármacos marcados com  $^{99m}\text{Tc}$  apresentam uma redistribuição satisfatória como no caso do  $^{201}\text{Tl}$ , fazendo necessária a administração do radiofármaco em cada uma das etapas realizadas (HENZLOVA et al, 2016).

## 2.5 PROTOCOLOS UTILIZADOS NA CINTILOGRAFIA DE PERFUSÃO MIOCÁRDICA

Pelo número de radiofármacos disponíveis existentes e a variedade de maneira de realização da CPM, este é um dos procedimentos com maior disponibilidade de protocolos. No entanto, mesmo que utilizáveis, os protocolos com administração de  $^{201}\text{Tl}$  entraram em desuso com o advento dos radiofármacos com o radionuclídeo  $^{99m}\text{Tc}$ , já que este último apresenta uma maior disponibilidade no mercado, resulta em uma menor atividade administrada ao paciente e possui uma menor taxa de atenuação dos fótons emitidos, devido a maior energia dos fótons de  $^{99m}\text{Tc}$  (CAMARGO *et al*, 1995).

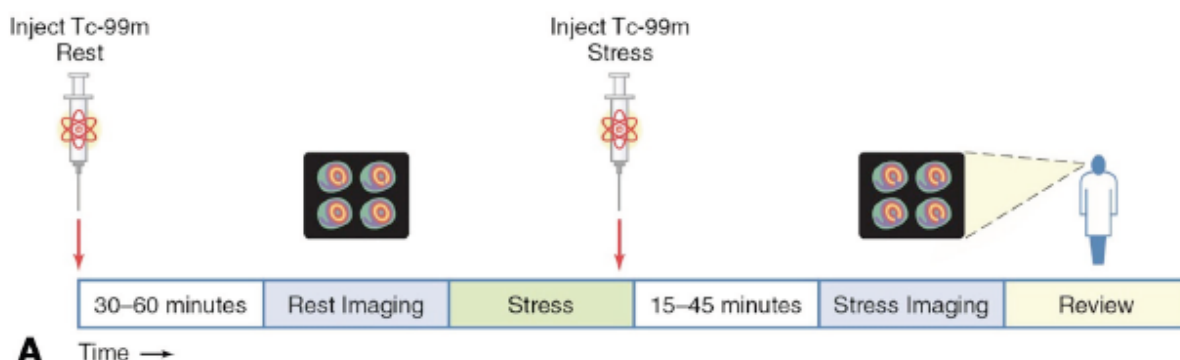
Conforme Henzlova *et al* (2016), para os radiofármacos com radionuclídeo  $^{99m}\text{Tc}$ , os protocolos disponíveis são subdivididos em protocolos de um dia e protocolos de dois dias, independente se o radiofármaco utilizado é o  $^{99m}\text{Tc}$ -sestamibi ou o  $^{99m}\text{Tc}$ -tetrofosmin.

### 2.5.1 Protocolos de Um Dia

Os protocolos de um dia para os radiofármacos que utilizam apenas o radionuclídeo  $^{99m}\text{Tc}$ , independente do seu quelante, podem ser realizados de duas maneiras diferentes, diferindo na ordem das etapas de repouso e *stress*. A atividade total máxima sugerida para estes protocolos de um dia é de 40 mCi (1480 MBq) (AMORIM; MESQUITA, 2016).

O mais comumente utilizado é o protocolo de repouso seguido por *stress*. Neste, a administração do radiofármaco é feita em duas etapas, sendo que aproximadamente um quarto da atividade total é administrada na fase em repouso e os três quartos restantes na fase de *stress*. Após a primeira administração, de em média 8 a 10 mCi (296 a 370 MBq), o paciente deve aguardar entre 30 a 60 minutos para a aquisição das imagens em repouso. Logo após a aquisição das imagens em repouso o paciente é submetido ao *stress* físico ou farmacológico, sendo a segunda atividade, de em média 25 a 30 mCi (925 a 1110 MBq) administrada durante o pico de *stress* cardíaco. Espera-se em média de 15 a 45 minutos para a aquisição das imagens da etapa em *stress* caso seja feito o exercício físico, no caso de *stress* farmacológico este tempo varia entre 45 a 60 minutos, e então o paciente é liberado do serviço. Um esquemático deste protocolo pode ser observado na Figura 3 (KOWALSKY; FALEN, 2011; HENZLOVA et al, 2016).

Figura 3 – Esquemático do protocolo de um dia de cintilografia de perfusão miocárdica repouso-*stress*.

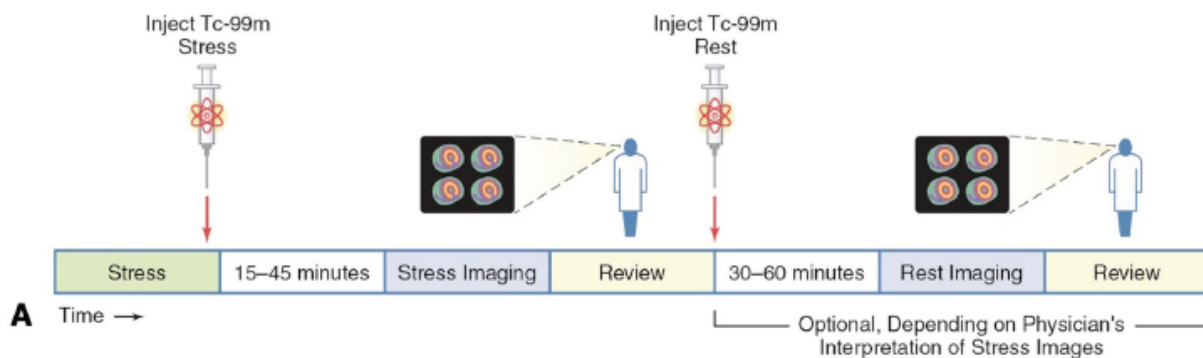


Fonte: Henzlova et al, 2016.

O outro protocolo de um dia é aquele em que a etapa de *stress* é realizada anteriormente à de repouso. Neste, conforme Henzlova *et al* (2016), com pacientes para os quais não há exames anteriores que comprovem uma alta probabilidade para defeitos de perfusão durante *stress* ou, ainda, existam poucas chances para uma disfunção ou dilatação do ventrículo esquerdo. Caso os resultados observados nas imagens adquiridas em *stress* sejam normais, a etapa de repouso pode ser desconsiderada, já que o diagnóstico final não é alterado sem esta última etapa, como observado na pesquisa de Chang *et al* (2010). No entanto, nestes casos, é necessário a avaliação das imagens por um médico para liberação do paciente.

De maneira similar ao que ocorre com o protocolo repouso-*stress*, porém em ordem alternada, com a administração da menor atividade do radiofármaco, entre 8 a 10 mCi (296 a 370 MBq), o paciente deve aguardar entre 15 a 45 minutos após a administração para iniciar a aquisição de imagem no caso de realização de exercício físico; caso o *stress* tenha sido realizado por meio de fármacos o tempo de espera varia entre 45 a 60 minutos. Feita a etapa de *stress* as imagens podem ser avaliadas pelo médico responsável que indicará a necessidade ou não da realização da etapa de repouso. Caso seja optado pela realização da etapa de repouso, o paciente recebe a administração da segunda dose de radiofármaco, de atividade que varia entre 25 a 30 mCi (925 a 1110 MBq) de atividade, e as imagens são adquiridas entre 30 a 60 minutos após administração. Após a aquisição das imagens o paciente é liberado do serviço, como observado na Figura 4 (KOWALSKY; FALEN, 2011; HENZLOVA *et al*, 2016).

Figura 4 – Esquemático do protocolo de um dia de cintilografia de perfusão miocárdica *stress-repouso*.



Fonte: Henzlova et al, 2016.

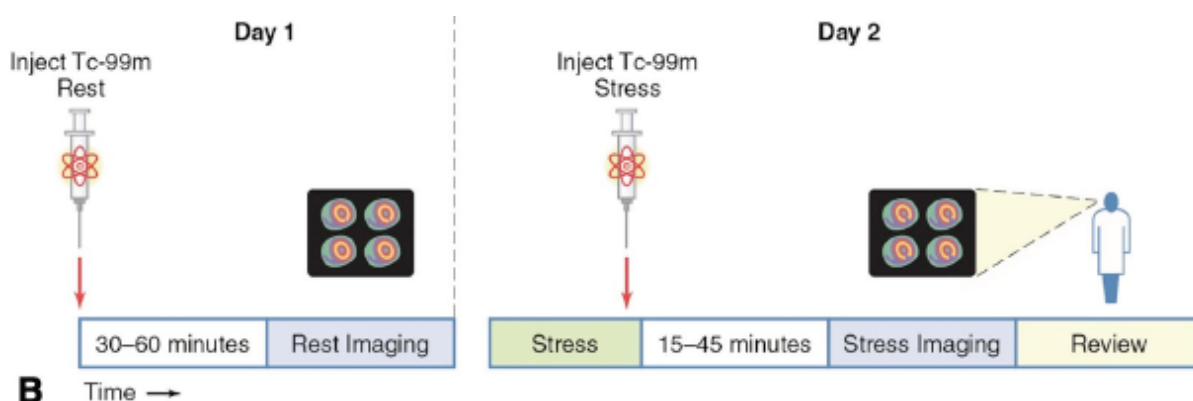
## 2.5.2 Protocolos de Dois Dias

De maneira similar ao que ocorre nos protocolos de um dia, para os radiofármacos que utilizam apenas o radionuclídeo  $^{99m}\text{Tc}$ , os protocolos de dois dias variam apenas quanto à ordem de aquisição das etapas de repouso e *stress*. Em ambos os casos a atividade administrada em cada uma das etapas é a mesma, sendo entre 18 a 30 mCi (666 a 1110 MBq) (KOWALSKY; FALEN, 2011; HENZLOVA et al, 2016).

No protocolo repouso-*stress* a etapa realizada no primeiro dia é a de repouso. Administra-se uma atividade de 18 a 30 mCi (666 a 1110 MBq) do radiofármaco e o paciente deve aguardar entre 30 a 60 minutos para realizar a aquisição das imagens. Após a aquisição das imagens em repouso, o paciente é liberado do serviço e deve retornar no dia seguinte para aquisição do segundo conjunto de imagens. No segundo dia o paciente será submetido ao *stress* físico ou farmacológico, sendo a atividade, de em média 18 a 30 mCi (666 a 1110 MBq) administrada durante o pico de *stress* cardíaco. O paciente deve então aguardar um período entre 15 a 45 minutos após a administração do radiofármaco no caso de realização de exercício físico, ou entre 45 a 60 minutos no caso de realização do *stress* farmacológico, para realizar a aquisição de imagens. Após a aquisição o

paciente é liberado do serviço, como pode ser observado na Figura 5 (KOWALSKY; FALEN, 2011; HENZLOVA et al, 2016).

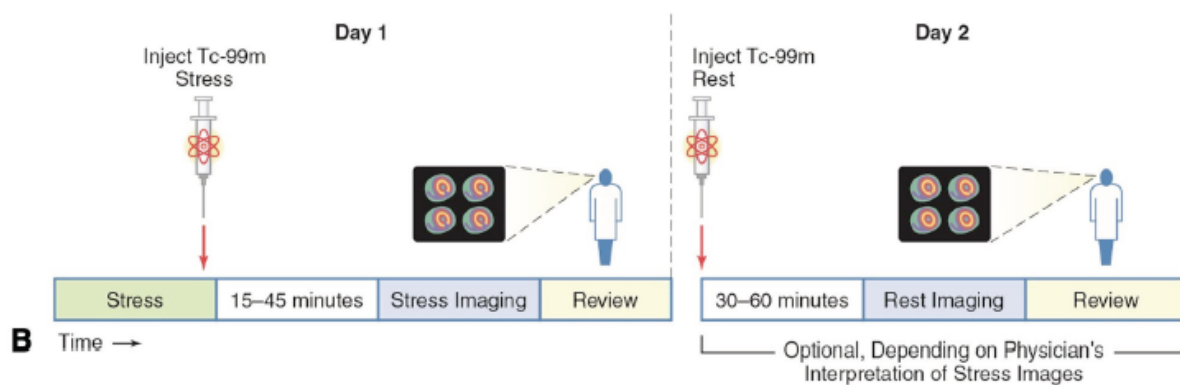
Figura 5 – Esquemático do protocolo de dois dias de cintilografia de perfusão miocárdica repouso-*stress*.



Fonte: Henzlova et al, 2016.

O protocolo de *stress*-repouso segue os procedimentos e atividade aplicados no repouso-*stress*, diferindo apenas quanto à ordem de realização das etapas. De mesma maneira do que ocorre no protocolo de um dia *stress*-repouso, em caso de imagens de perfusão normais na etapa de *stress*, não é necessária a realização da etapa de repouso, já que o diagnóstico final não será alterado. Além disso Henzlova *et al* (2016) ressaltam que o protocolo de dois dias *stress*-repouso é mais indicado para pacientes obesos com peso acima de 113 kg ou pacientes com mamas volumosas, já que no protocolo de um dia de *stress*-repouso a atividade administrada na etapa de *stress* é inferior, o que pode comprometer a qualidade final da imagem, já que o número de fótons reduzido proveniente da baixa atividade administrada do radiofármaco são ainda atenuados. A Figura 6 exemplifica o esquemático de realização do protocolo (KOWALSKY; FALEN, 2011).

Figura 6 – Esquemático do protocolo de dois dias de cintilografia de perfusão miocárdica *stress-repouso*.



Fonte: Henzlova et al, 2016.

### 3 METODOLOGIA

A pesquisa é caracterizada, segundo Dyniewicz (2009), como uma pesquisa de campo de abordagem quantitativa e caráter descritivo, levando em conta o problema de pesquisa e seus objetivos. Além disso, dentre todos os métodos de coleta de dados propostos por Marconi e Lakatos (2010), esta pesquisa fez uso de observação sistemática dos procedimentos realizados nos protocolos de aquisição de imagens de cintilografia de perfusão miocárdica em pacientes de um serviço de medicina nuclear.

#### 3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A realização da presente pesquisa deu-se nas dependências de um serviço privado de medicina nuclear localizado no município de Florianópolis - SC.

O pesquisador acompanhou 60 pacientes submetidos ao exame de cintilografia de perfusão miocárdica, analisando a rotina do procedimento entre os meses de maio e junho de 2017.

Para sua realização, a pesquisa foi dividida em três etapas distintas pelo pesquisador, sendo elas: coleta dos dados, levantamento de valores e análise dos dados obtidos.

##### 3.1.1 Coleta dos Dados

Em observação prévia à realização da coleta de dados, foi analisada a rotina do serviço de MN pelo pesquisador, possibilitando a confecção da tabela do apêndice "A", onde foram tabuladas informações acerca do radiofármaco utilizado, o protocolo de exame aplicado, o modelo de gama-câmara utilizada, a atividade administrada, em *milicurie* (mCi), o peso do paciente em quilograma (kg), os materiais utilizados e o tempo total do procedimento, em cada uma das etapas.

O radiofármaco padrão para a realização de CPM no serviço onde foi realizado o estudo era o  $^{99m}\text{Tc}$ -sestamibi, não sendo utilizado qualquer outro em nenhum dos pacientes observados. A gama-câmara utilizada para a aquisição de imagens também foi a mesma para todos os pacientes, a *Philips Cardio MD*.

No serviço, a realização de CPM dos protocolos de dois dias seguia um padrão de atendimento, sendo que, para a etapa de repouso, o paciente tinha sua ficha de atendimento feita na recepção ao chegar na clínica e, em seguida, era acompanhado até uma sala de espera. Após a notificação da chegada do paciente, o fracionamento da atividade à ser administrada era realizado na radiofarmácia, sendo esta posteriormente encaminhada à enfermagem. Os enfermeiros novamente chamavam o paciente e realizavam a colocação dos eletrodos e a administração do radiofármaco. Logo em seguida, era fornecido ao paciente um iogurte e uma garrafa de água mineral com gás, e este era instruído a ingerir o iogurte e, em seguida, caminhar por 30 minutos em uma rampa enquanto bebia a água com gás. Passados 60 minutos da administração do radiofármaco, o paciente era posicionado na gama-câmara e era realizada a aquisição de imagens por um período de aproximadamente 10 minutos, sendo avaliadas as imagens em seguida e feita a decisão de repetição da aquisição ou liberação do paciente da etapa.

Já na etapa de *stress*, após a colocação dos eletrodos ocorria a punção venosa e colocação de um *abocath*. O paciente era encaminhado à sala de ergometria, onde realizada a etapa de *stress*, farmacológico ou físico, acompanhado pelo médico cardiologista que realizava, simultaneamente, um eletrocardiograma. Ao atingir-se o batimento cardíaco máximo, era administrado o radiofármaco e, na saída do paciente da sala de ergometria, era fornecido um copo de café com leite e o paciente era instruído a caminhar na rampa por um período de 20 minutos. Passados 40 minutos, o paciente realizava a aquisição de imagens de maneira idêntica à etapa de repouso.

Para o protocolo de um dia a realização do procedimento era bem similar, notando-se somente que, por ser realizado em um único dia, o paciente era preparado apenas uma única vez pela enfermagem, onde também era realizada a administração da atividade referente à etapa de repouso. Feita a aquisição das



imagens da etapa de repouso, o paciente era direcionado diretamente à sala de ergometria, onde realizada o *stress* físico ou farmacológico e depois era encaminhado para a aquisição das imagens. Os de caminhada na rampa e espera após a administração do radiofármaco eram idênticos para todos os protocolos realizados.

Dos materiais utilizados foram desconsiderados os adicionais necessários para a realização da etapa de *stress* por ação farmacológica, sendo estes o próprio fármaco de escolha da clínica, o dipiridamol, bem como agulhas e seringas adicionais para preparo e injeção do mesmo, tendo em vista que diversos pacientes são submetidos ao teste de esteira, que não faz uso desses materiais adicionais. Os materiais para o *stress* farmacológico não impactam em diferenças de custo entre os tipos de protocolo, visto que a quantidade de material a ser utilizada seria a mesma independente do protocolo escolhido.

Também foi desconsiderado o fármaco utilizado para a marcação, no caso, o sestamibi, visto que a quantidade de uso do mesmo não é padronizado. Sua utilização é variável e depende de certos fatores como a disponibilidade de atividade do eluato do gerador de  $\text{Mo}^{99}/\text{Tc}^{99m}$ , do número de pacientes agendados para o dia, incluindo o de outros exames que não usem o sestamibi, além do espaço de tempo entre cada paciente.

Ainda sobre os materiais utilizados, foram avaliadas as quantidades e tamanhos, este último quando aplicável, utilizadas dos seguintes materiais: *abocath*, *scalp*, equipo de duas vias, cloreto de sódio 0,9% em embalagens de 10 ml, eletrodos, seringa de 5 ml, seringa de 10 ml, agulha 40x12 e agulha 30x8.

O pesquisador acompanhou 20 exames para cada tipo de protocolo de CPM utilizado no serviço de MN. No serviço onde a pesquisa foi aplicada são realizados três diferentes tipos de protocolo, sendo o repouso-*stress* de um dia, o repouso-*stress* de dois dias e o *stress*-repouso de dois dias.

### **3.1.2 Levantamento de Valores**

Após o término da coleta de dados foram levantados os valores dos materiais utilizados na realização do exame, considerando os preços pagos no mês de maio de 2017 pelo serviço de MN onde foi realizado o estudo. O valor unitário de cada um dos materiais pode ser observado no Quadro 1.

Quadro 1 – Preço unitário dos materiais utilizados na cintilografia de perfusão miocárdica.

| <b>Materiais Utilizados</b>        |                       |
|------------------------------------|-----------------------|
| <b>Material</b>                    | <b>Preço Unitário</b> |
| <i>Abocath</i> (diversos tamanhos) | R\$ 3,65              |
| <i>Scalp</i> (diversos tamanhos)   | R\$ 1,17              |
| Cloreto de Sódio 0,9% - 10ml       | R\$ 0,20              |
| Eletrodos                          | R\$ 0,37              |
| Seringa 5ml                        | R\$ 0,24              |
| Seringa 10ml                       | R\$ 0,46              |
| Agulha 40x12                       | R\$ 0,13              |
| Agulha 30x8                        | R\$ 0,10              |
| Equipo de Duas Vias                | R\$ 3,40              |

Fonte: Do próprio autor.

Também foi realizada uma estimativa de preço da atividade por mCi baseada no rendimento de eluição dos geradores de  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  adquiridos semanalmente pela clínica. A estimativa foi feita levando em consideração os geradores adquiridos entre os meses de março e abril de 2017, calibrados para 2000 mCi no dia de recebimento pelo serviço, observando a atividade total eluída destes durante a permanência na clínica.

Foi estimada a média e o desvio padrão do rendimento total de eluição em  $7591,43 \pm 934,07$  mCi, considerando 7 geradores de 2000 mCi recebidos durante o período avaliado nos registros da clínica. Tendo em vista o valor de R\$6835,59 por gerador, o valor médio por mCi na rotina do serviço observado é de R\$0,90.

### 3.1.3 Análise dos Dados Obtidos

Após coletadas e tabuladas todas as informações necessárias, bem como realizado o levantamento dos preços envolvidos na realização da CPM, foram obtidos a média e desvio padrão entre cada um dos fatores observados durante a coleta dos dados de cada tipo de protocolo, sendo estes valores comparados entre si a fim de esclarecer qual o protocolo de melhor custo-benefício e de menor tempo de execução dentre os realizados pelo serviço.

### **3.2 PARTICIPANTES DA PESQUISA**

Os indivíduos que compõem a equipe desta pesquisa são todos os pacientes submetidos ao exame de cintilografia de perfusão miocárdica do serviço que foi observado durante a realização do procedimento. Como critério de exclusão para os participantes da pesquisa foi levado em conta os pacientes que se recusaram a participar ou que não assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

### **3.3 ASPECTOS ÉTICOS**

Esta pesquisa foi realizada por meio da observação dos pacientes submetidos ao exame de cintilografia de perfusão miocárdica em um serviço de medicina nuclear e, portanto, seguiu a resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde, que regulamenta as pesquisas realizadas com seres humanos.

A pesquisa foi submetida a apreciação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Secretária Estadual de Saúde de Santa Catarina (CEPSES-SC) e teve aprovação no dia 3 de maio de 2017, possibilitando o início da coleta de dados. Durante a coleta foi fornecido aos participantes da pesquisa o TCLE, demonstrado no apêndice “B”, conforme previsto na resolução 466/12 (BRASIL, 2012).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 ATIVIDADE ADMINISTRADA

Enquanto os protocolos de dois dias, em suas duas formas, apresentam a mesma atividade administrada em cada uma das etapas, sem variações, em um valor fixo determinado pelo serviço de 20 mCi, o protocolo repouso-*stress* de um dia apresenta uma atividade administrada variável para cada paciente, determinada a partir de seu peso em kg. Para este último protocolo a clínica adotou a prática de, para a etapa de repouso, administrar um valor de atividade referente ao peso do paciente dividido por cinco e, na etapa de stress, triplicar o valor administrado na primeira etapa.

A faixa de atividade recomendada para cada etapa dos protocolos de dois dias é de 18 a 30 mCi, enquanto que, para o protocolo de um dia, sugere-se a utilização de 8 a 10 mCi na primeira etapa e 25 a 30 mCi na segunda. No entanto, para os protocolos de dois dias, esse valor pode ser superior à média sugerida de acordo com o peso e biotipo do paciente (HENZLOVA et al, 2016).

Como citado anteriormente, todos os pacientes submetidos ao protocolo de repouso-*stress* de um dia tiveram a atividade calculada a partir de seu peso em kg, sendo que o valor médio da atividade total administrada foi de  $60 \pm 11,89$  mCi entre os 20 pacientes observados, com uma média de atividade administrada na etapa de repouso de  $15 \pm 2,97$  mCi e, na etapa de *stress*, de  $45 \pm 8,92$  mCi. Só na etapa de *stress* o valor já é aproximadamente 12,5% maior do que todas as duas etapas dos protocolos de dois dias realizados na clínica, sendo a atividade total do protocolo de um dia superior em 50% à atividade total dos protocolos de dois dias.

Não somente o fato de ser entregue uma maior dose de radiação aos pacientes submetidos ao protocolo de um dia, há também um maior custo associado ao uso do material radioativo, visto que, com base no rendimento dos geradores de  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  utilizados no serviço, o custo médio da atividade total administrada neste protocolo é de  $\text{R}\$54,00 \pm 10,70$ , enquanto que os protocolos de dois dias

apresentam uma média de custo de atividade total de R\$36,00, resultando em economia de aproximadamente 33% do valor investido em material.

#### 4.2 CUSTO DE PROCEDIMENTO

Considerando os materiais utilizados observados durante a coleta de dado e os respectivos valores aos quais os mesmos foram adquiridos pelo serviço de MN de estudo, como já demonstrados no Quadro 1, pode ser realizada uma estimativa de preço por protocolo de CPM. Em uma CPM padrão, espera-se utilizar, para cada tipo de protocolo, as quantidades dispostas no Quadro 2. Dependendo das condições da realização do procedimento para cada paciente, foi observado que em alguns casos foram utilizados mais do que a quantidade padrão de eletrodos designada, como, por exemplo, o descolamento de eletrodos causados pela sudorese excessiva durante a etapa de *stress*, o que causou uma pequena discrepância de custo para cada caso observado.

Quadro 2 – Quantidades padrão de materiais utilizados para cada protocolo da cintilografia de perfusão miocárdica.

| <b>Materiais Utilizados</b>  |  |  |
|------------------------------|--|--|
| <b>Material</b>              | <b>Quantidade Para Protocolo de Um Dia</b> | <b>Quantidade Para Protocolos de Dois Dias</b> |
| <i>Abocath</i>               | 1  | 1  |
| <i>Scalp</i>                 | 0  | 1  |
| Cloreto de Sódio 0,9% - 10ml | 2  | 2  |
| Eletrodos                    | 10   | 13   |
| Seringa 5ml                  | 2  | 2  |
| Seringa 10ml                 | 2  | 2  |
| Agulha 40x12                 | 2  | 2  |
| Agulha 30x8                  | 2  | 2  |
| Equipo de Duas Vias          | 1  | 1  |

Fonte: Do próprio autor.

Quando considerados apenas os materiais utilizados, e não a atividade administrada, o valor médio para o protocolo de repouso-*stress* de um dia foi de R\$13,33 ± 0,52, enquanto que para o protocolo de *stress*-repouso de dois dias foi de R\$15,63 ± 0,46 e para o protocolo repouso-*stress* de dois dias foi de R\$15,58 ± 0,41.

Por conta do uso adicional de um *scalp* e de, no padrão, três eletrodos adicionais, os protocolos de dois dias apresentam um custo ligeiramente maior do que o protocolo de um dia. Dos valores observados, o protocolo *stress*-repouso de dois dias apresenta um valor médio 17% superior em relação ao protocolo de um dia, enquanto o de repouso-*stress* de um dia apresenta uma média de 16% a mais.

No entanto, quando se é adicionado a este valor o custo médio de atividade por mCi utilizado em cada protocolo, o valor médio dos protocolos é alterado, sendo agora o protocolo de um dia mais caro do que os de dois dias, como demonstrado na Tabela 2. O protocolo de repouso-*stress* é, em média, 30% mais caro em relação aos protocolos de dois dias de *stress*-repouso e repouso-*stress*, quando considerados ambos os custos de materiais e da atividade administrada.

Tabela 2 – Custo médio total dos protocolos de cintilografia miocárdica observados.

|   | Custo Médio Total |       |
|---|-------------------|-------|
| Protocolo Repouso-<br><i>Stress</i> de Um Dia     | R\$               | 67,33 |
| Protocolo <i>Stress</i> -<br>Repouso de Dois Dias | R\$               | 51,63 |
| Protocolo Repouso-<br><i>Stress</i> de Dois Dias  | R\$               | 51,58 |

Fonte: Do próprio autor.

#### 4.3 TEMPO DE EXAME

O último critério de comparação entre os protocolos é o tempo médio observado para cada um dos três realizados no serviço de MN. Pelo tempo de exame considera-se todo o período que o paciente permanece nas dependências da clínica após administrado o radiofármaco, que, por consequência, caracteriza o próprio paciente como uma fonte de radiação dentro do serviço, expondo todos os profissionais envolvidos em seu atendimento durante e após a administração.

Em média, os pacientes observados durante a coleta de dados que são submetidos ao protocolo repouso-*stress* de um dia têm um tempo total de exame de  $245,4 \pm 48,95$  minutos, período aproximadamente 30% mais longo que o protocolo *stress*-repouso de dois dias, com um tempo médio de  $188,2 \pm 38,11$  minutos, e 26% mais longo que o protocolo repouso-*stress* de dois dias, este último com um tempo médio de  $193,90 \pm 37,26$  minutos.

Quanto menor o período de permanência de pacientes injetados no serviço, maior será a garantia de proteção radiológica aos trabalhadores ocupacionalmente expostos, bem como permite o atendimento de um maior número de pessoas em um determinado intervalo de tempo.

A considerável discrepância entre os tempos de exame de um mesmo protocolo pode ter como causas o número de repetições de imagem de uma mesma etapa em pacientes com captações fora da região de interesse e/ou que tenham se movimentado durante a aquisição, atrasos de agenda, diferentes tempos de atendimento por diferentes médicos durante a etapa de *stress*, entre outros fatores. Apesar de impactarem diretamente na duração total do procedimento, estes fatores não foram alvo de análise deste trabalho.

#### 4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De maneira geral, o protocolo de CPM de um dia, neste caso o de repouso-*stress*, é o de maior atividade administrada, custo total de procedimento e também de maior duração entre os três protocolos comparados. Não somente estas três características, em seus trabalhos, tanto Amorim e Mesquita (2016), quanto Henzlova *et al* (2016), afirmam ainda que a qualidade das imagens obtidas em protocolos de um dia são, em alguns casos, prejudicadas como resultado da baixa atividade administrada na primeira etapa. Esta baixa qualidade é mais observada em pacientes obesos e/ou com mamas densas, onde há maior atenuação dos raios gama que, conseqüentemente, não contribuem para a formação da imagem.

Já ambos os protocolos de dois dias apresentam menor atividade administrada, menor custo total de procedimento e menor duração do exame,

quando comparados ao protocolo de um dia. Quando comparados entre si, os protocolos de dois dias apresentam uma pequena variação quanto ao custo de exame e ao período de duração do mesmo, o que pode ser explicado por fatores já mencionados como o uso adicional de eletrodos devido ao descolamento em certos pacientes, bem como atrasos de agenda, repetições de exame, entre outros.



## 5 CONCLUSÃO

Dentre os exames realizados na rotina de um serviço de medicina nuclear, a cintilografia de perfusão miocárdica apresenta uma significativa demanda, muitas das vezes sendo o carro-chefe de diversas instituições. Esta significativa parcela de exames de CPM realizados diariamente também tem grande impacto na lucratividade das clínicas de MN. Para sua realização, o serviço deve escolher qual entre os quatro protocolos é o mais indicado para as suas necessidades, ou ainda mais de um destes.

Por meio da análise de 60 procedimentos realizados, 20 para cada tipo de protocolo dos realizados pelo serviço de MN escolhido para este trabalho, foi constatado que, dentro da realidade deste serviço em questão, há uma maior economia de custo e tempo, bem como uma dose de radiação fornecida ao paciente reduzida, quando escolhidos protocolos de dois dias ao invés do protocolo repouso-*stress* de um dia. Apesar de em certos casos ser necessário o uso deste protocolo, deveria ser evitado o agendamento sempre que possível.

Para os protocolos de CPM de dois dias, tanto o *stress*-repouso quanto o repouso-*stress* apresentam custos e duração semelhantes, tornando ambos viáveis para escolha como protocolo padrão de agendamento para o serviço. No entanto, o protocolo *stress*-repouso de dois dias ainda possui o diferencial de, como sugerem trabalhos como o de Chang *et al* (2010), em certos casos ser possível a redução para apenas a etapa de *stress*, o que, se adotado, reduziria ainda mais os pontos observados em relação ao protocolo de repouso-*stress* de dois dias.

A implementação do protocolo *stress*-repouso de dois dias como padrão na realização da cintilografia de perfusão miocárdica traz não somente maior lucratividade e otimização do tempo de agenda disponível pelo serviço de MN, como traz também uma redução da dose fornecida tanto ao paciente submetido ao procedimento quanto para o trabalhador ocupacionalmente exposto.

Como continuação deste trabalho sugere-se a análise de outros fatores que influenciam na duração do exame, como a repetição da aquisição de imagens e eventuais atrasos na agenda de exames, de maneira a refinar os resultados obtidos e complementar o estudo acerca dos protocolos de realização da CPM. Sugere-se também a aplicação desta comparação em outros serviços de MN, de maneira a avaliar se os resultados são compatíveis com os obtidos pelo presente trabalho.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA ATÔMICA. **OCCUPATIONAL RADIATION PROTECTION: SAFETY GUIDE**. Vienna: 1999. 73 p.

AMORIM, Bárbara Juarez; MESQUITA, Claudio Tinoco. **GUIDELINE PARA CINTILOGRAFIA DE PERFUSÃO MIOCÁRDICA DE REPOUSO E ESTRESSE**. 2016. Disponível em: <<http://sbmn.org.br/wp-content/uploads/2016/04/Guideline-Cint-Perfusão-Miocardica.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **CNEN-NN-3.01** - Diretrizes básicas de proteção radiológica. 2014. Disponível em: <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf>>. Acesso em: 03 jul. 2017.

BRASIL. **Resolução nº 466**, de 12 de dezembro de 2012. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2012/Reso466.pdf>>. Acesso em 04 jun. 2015.

BUSHONG, Stewart Carlyle. **Radiologic Science for Technologists: Physics, Biology and Protection**. 10ª Ed. St. Louis: Elsevier, 2013.

CAMARGO, Edwaldo E. et al. Consenso SOCESP-SBC Sobre Medicina Nuclear. **Arq Brasil Cardiol**. v. 65. n. 5, p. 469-474, 1995. Disponível em: <<http://publicacoes.cardiol.br/consenso/1995/6505/65050016.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2016.

CARROL, Quinn B. **Radiography in the digital age: physics, exposure, radiation biology**. 1ª Ed. Springfield: Charles C. Thomas, 2011.

CHANG, Su Min et al. Normal Stress-Only Versus Standard Stress/Rest Myocardial Perfusion Imaging. **Journal Of The American College Of Cardiology**, v. 55, n. 3, p.221-230, jan. 2010.

DYNIEWICZ, Ana Maria. **Metodologia da Pesquisa em Saúde para Iniciantes**. São Caetano do Sul: Difusão Editora, 2009. 207 p.

HENZLOVA, Milena J. et al. ASNC imaging guidelines for SPECT nuclear cardiology procedures: Stress, protocols, and tracers. **Journal Of Nuclear Cardiology**, v. 23, n. 3, p.606-639, 25 fev. 2016.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. **Publication 103**: The 2007 Recommendations of The International Commission on Radiological Protection. Elsevier, 2007. 342 p.

KOWALSKY, Richard J.; FALEN, Steven W. **Radiopharmaceuticals in Nuclear Pharmacy and Nuclear Medicine**. 3. ed. Washington: American Pharmacists Association, 2011.

KUMAR, Vinay et al. **Patologia**: Bases Patológicas das Doenças. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 1479 p.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2010. 315 p.

LOMBARDI, Max H. **Radiation Safety in Nuclear Medicine**. 2ª Ed. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2007. 231p

METTLER, Fred A. GUIBERTEAU, Milton J. **Essentials of Nuclear Medicine Imaging**. Philadelphia: Elsevier, 2012. 607 p.

SHACKETT, Pete. **Nuclear Medicine Technology**: Procedures and Quick Reference. 2ª Ed. LWW, 2008. 576 p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. Radiotraçadores. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 86, p.14-15, abr. 2006.

THOM, Anneliese Fischer; SMANIO, Paola Emanuela Poggio. **Medicina Nuclear em Cardiologia**: da Metodologia à Clínica. São Paulo: Atheneu, 2007. 295 p.

THRALL, James H.; ZIESSMAN, Harvey A.. **Medicina Nuclear**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. 480 p.

## APÊNDICES



## APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA  
DEPARTAMENTO DE SAÚDE E SERVIÇOS  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA

---

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, Vitor Felipe Dutra, acadêmico do Curso Superior de Tecnologia em Radiologia, gostaria de convidá-lo (a) a participar da pesquisa “Análise Comparativa dos Protocolos de Um e Dois Dias de Cintilografia de Perfusão Miocárdica”. Este trabalho visa identificar e comparar os diferentes tipos de protocolos aplicados para o exame de cintilografia de perfusão miocárdica, de maneira a determinar um padrão que resulte em uma menor atividade de radiação administrada ao paciente, bem como reduzir custos e tempo associados à realização do procedimento. Para isso, serão observados os pacientes submetidos à cintilografia de perfusão miocárdica que aceitarem e assinarem o presente termo de consentimento livre e esclarecido. A pesquisa oferece riscos mínimos, já que consiste somente na observação da realização do procedimento da cintilografia de perfusão miocárdica, sendo estes: informações acerca do radiofármaco utilizado, o protocolo de exame aplicado, o modelo de gama-câmara utilizada, a atividade administrada em cada uma das etapas do procedimento, o peso do paciente, a altura do paciente, os materiais utilizados e o tempo total do procedimento.

A pesquisa será orientada e obedecerá os cuidados éticos descritos pela Resolução nº 466/2012, sendo eles:

- Termo de consentimento livre e esclarecido para inclusão de dados na pesquisa, expressado pela assinatura do presente termo em duas vias, uma para o pesquisador e outra para o paciente participante, de igual teor;
- Anonimato e proteção dos dados coletados durante a pesquisa;
- Total liberdade para recusa à participação antes ou durante a pesquisa, sem qualquer tipo de penalidade;

- Acesso garantido a qualquer momento sobre informações relacionadas ao andamento da pesquisa.

Nenhuma informação sua será divulgada, sendo coletadas apenas informações referentes à realização da cintilografia de perfusão miocárdica. O anonimato será garantido ao não identificá-lo (a) em momento algum no presente estudo. Caso necessite de mais informações ou, durante a realização do estudo, não queira mais fazer parte, sinta-se à vontade para entrar em contato por meio do telefones e/ou e-mails abaixo:

- Pesquisador Responsável: Vitor Felipe Dutra – (48) 99959-4655 – vitorfeliped@gmail.com
- Professora Orientadora: Tatiane Camozzato – (48) 98829-4109 – tatiane@ifsc.edu.br
- Comitê de Ética em Pesquisa da Secretaria Estadual de Saúde de Santa Catarina (CEPSES-SC) – (48) 3664-7218 – cepses@saude.sc.gov.br

Ciente do estudo proposto, eu, \_\_\_\_\_,  
consinto livremente em participar do mesmo, bem como estou ciente da posterior divulgação pública dos resultados obtidos.

\_\_\_\_\_  
Assinatura

Florianópolis, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2017



## APÊNDICE C – AUTORIZAÇÃO PARA A UTILIZAÇÃO DE DADOS



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA  
DEPARTAMENTO DE SAÚDE E SERVIÇOS  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA

---

### AUTORIZAÇÃO PARA A UTILIZAÇÃO DE DADOS

#### **Análise Comparativa dos Protocolos de Um e Dois Dias de Cintilografia de Perfusão Miocárdica**

Florianópolis, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 201\_\_.

O representante legal da instituição envolvida no trabalho Análise Comparativa dos Protocolos de Um e Dois Dias de Cintilografia de Perfusão Miocárdica declara estar ciente sobre o seu desenvolvimento nos termos propostos, autorizando o pesquisador Vitor Felipe Dutra, CPF 048.808.069-00, contato (48) 99959-4655, orientado pela professora Dr<sup>a</sup> Tatiane Sabriela Cagol Camozzato, CPF 989.851.830-87, contato (48) 98829-4109, a coletar dados por meio da observação de procedimentos de cintilografia de perfusão miocárdica realizados em sua instituição para a realização do Trabalho de Conclusão de Curso do Curso Superior de Tecnologia de Radiologia do Instituto Federal de Educação de Santa Catarina, o qual tem como objetivo avaliar a possibilidade de implementação do protocolo de stress-reposo de dois dias como padrão para a realização de cintilografias de perfusão miocárdica.

---

**Fábio Figueiredo Ribeiro**

**CRM 4745**

**Diretor Técnico – Clínica Bionuclear**