

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GERONTOLOGIA**

Jorge Luiz Palma Freire

**AVALIAÇÃO ELETROCARDIOGRÁFICA EM TESTE ERGOMÉTRICO
REALIZADO EM NORMOXIA E HIPOXIA**

**Santa Maria/RS
2016**

Jorge Luiz Palma Freire

**AVALIAÇÃO ELETROCARDIOGRÁFICA EM TESTE ERGOMÉTRICO
REALIZADO EM NORMOXIA E HIPOXIA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Gerontologia, Área de Concentração em Saúde, Funcionalidade e Qualidade de Vida no Envelhecimento Humano, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Gerontologia**.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Silvana Corrêa Matheus

Santa Maria, RS
2016

Jorge Luiz Palma Freire

**AVALIAÇÃO ELETROCARDIOGRÁFICA EM TESTE ERGOMÉTRICO
REALIZADO EM NORMOXIA E HIPOXIA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Gerontologia, Área de Concentração em Saúde, Funcionalidade e Qualidade de Vida no Envelhecimento Humano, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Gerontologia**.

Aprovado em 28 de outubro de 2016:

Silvana Corrêa Matheus, Dra. (UFSM)
(Presidente/Orientadora)

Luiz Osório Cruz Portela, Dr. (UFSM)

Tales de Carvalho, Dr. (UDESC)

Santa Maria, RS
2016

RESUMO

TESTE ERGOMÉTRICO EM HIPOXIA: ALTERNATIVA PARA AVALIAÇÃO CARDIOVASCULAR DE ADULTOS E IDOSOS

AUTOR: Jorge Luiz Palma Freire
ORIENTADORA: Silvana Corrêa Matheus

Esta investigação avalia as respostas eletrocardiográficas em repouso e no teste ergométrico de adultos e idosos de ambos os sexos nas situações de normoxia e em hipoxia. Para isso, foram testadas 67 pessoas voluntárias na faixa etária entre 50 a 79 anos, divididos em 45 pessoas sedentárias, homens e mulheres (Grupo 1); 15 jogadores de futebol que disputam o campeonato da cidade na categoria sênior (igual ou maior que 55 anos) (Grupo 2) e sete canoístas de alto rendimento (Grupo 3). Os participantes foram submetidos, seguindo a ordem, a ECG de repouso e teste ergométrico, ambos nas situações de normoxia e hipoxia. Os resultados de traçado eletrocardiográfico foram comparados qualitativamente entre as situações descritas, e as observações clínicas manifestas nos testes analisados. Resultados: 52 sujeitos apresentaram resultados de ECG de esforço normais e sem diferenciação entre as duas situações de testes (normoxia e hipoxia). Já em 12 sujeitos constatou-se que as alterações de traçado que ocorreram em hipoxia não tinham aparecido em normoxia. Referindo-se especificamente às alterações em hipoxia, foram evidenciadas, no total, a ocorrência de cinco casos de extrassístoles, onze de infradesnivelamento do segmento ST e 1 de achatamento da onda T. O número de casos de pessoas aparentemente saudáveis, que não apresentaram alterações do TEN e TEH, permite afirmar que o exame em hipoxia é seguro para essas pessoas. Os casos de alteração no TEH, sem correspondência em TEN, sugerem que o TEH pode ser mais sensível para detectar alterações com possível indicativo patológico, principalmente no que se refere a sinais de isquemia miocárdica e distúrbio de ritmo.

Palavras-chave: Teste ergométrico. Hipóxia. Avaliação. Cardiopatia. ECG.

ABSTRACT

STRESS TEST IN HYPOXIA: ALTERNATIVE FOR CARDIOVASCULAR AVALIATION OF ADULTS AND ELDERLY

AUTHOR: Jorge Luiz Palma Freire
ADVISOR: Silvana Corrêa Matheus

This investigation evaluated the electrocardiographic responses at rest and in the stress test of adults and elderly of both genres in normoxia and hypoxia situations. For this, were tested. 67 voluntaries from the ages of 50 to 79, divided in 45 sedentary persons, men and women (Group 1); 15 soccer players that play the city championship at the senior category (55 or plus) (Group 2) and seven high performance canoeists (Group 3). The participants were submitted, following the order, to rest and stress test EKG, in both normoxia and hypoxia situations. The EKG tracing results were compared qualitatively, between the described situations, and the clinical observations revealed in the tests analyzed. Results: 52 subjects presented EKG results of normal effort and without difference between the two test situations (normoxia and hypoxia). In 12 subjects were found tracing alterations that occur in hypoxia that didn't appeared in normoxia. Referring specifically to the hypoxia alteration, were shown, at total, a five-case occurrence of extrasystoles, eleven ST segment depression and 1 T wave flatness. The number of cases of apparently healthy persons, that didn't showed alteration of TEN and TEH, which allows to claim that the hypoxia exam is safe to these people. The cases of TEH alteration, without TEN correspondence, suggest that TEH can be more sensible to detect alterations with a possible pathological indicative; mainly referring to myocardial ischemia signals and rhythm disturbs.

Key-words: stress test; hypoxia; evaluation; heart disease; EKG

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Descrição dos procedimentos para a coleta dos dados	25
Quadro 2 - Comportamento do traçado eletrocardiográfico de sujeitos pertencentes ao grupo 1 (sedentários) em diferentes condições de teste ergométrico (normoxia e hipoxia)	27
Quadro 3 - Comportamento do traçado eletrocardiográfico de sujeitos pertencentes ao grupo 2 (jogadores de futebol sênior), em diferentes condições de teste ergométrico (normoxia e hipoxia)	28

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	07
1.1	OBJETIVOS	09
1.1.1	Objetivo Geral	09
1.1.2	Objetivos Específicos	09
2	REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1	ASPECTOS GERAIS SOBRE DOENÇAS CARDIOVASCULARES	10
2.2	MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO DAS DOENÇAS CARDIOVASCULARES	12
2.2.1	Anamnese e exame físico do idoso	12
2.2.2	Eletrocardiograma em Idosos	14
2.2.3	Eletrocardiograma de Repouso	14
2.2.4	Teste Ergométrico	16
2.3	HIPOXIA: ASPECTOS DOS SEUS EFEITOS SOBRE O CORAÇÃO	17
2.4	ALTERAÇÕES ELETROCARDIOGRÁFICAS EM ALTITUDES	18
3	METODOLOGIA	23
3.1	GRUPO DE ESTUDO	23
3.1.1	Seleção do grupo de estudo	23
3.1.2	Crítérios de inclusão e exclusão	23
3.2	INSTRUMENTOS PARA A COLETA DE DADOS	24
3.2.1	Eletrocardiógrafo	24
3.2.2	Esteira ergométrica	24
3.2.3	Simulador de altitude	24
3.3	PROCEDIMENTOS PARA A COLETA DE DADOS	25
3.4	ANÁLISE DOS DADOS	25
4	RESULTADOS	27
5	DISCUSSÃO	30
6	CONCLUSÃO	34
	REFERÊNCIAS	35
	APÊNDICE A – TRAÇADO ELETORCARDIOGRÁFICO DE INDIVÍDUOS DO GRUPO 1 E DO GRUPO 2 DURANTE TESTE ERGOMÉTRICO EM NORMOXIA E HIPOXIA	39

1 INTRODUÇÃO

A avaliação cardiovascular objetiva, dentre outras finalidades, o diagnóstico precoce de doenças, e traz maior segurança para as pessoas na realização das diferentes tarefas de vida. Precisa ser constantemente atualizada e aperfeiçoada para que possa atender às finalidades propostas nesses termos. Para este objetivo, novas possibilidades instrumentais e metodológicas precisam ser descobertas e testadas quanto à perspectiva de inovação à área.

Equipamentos novos, que permitem gerar hipoxia simulando altitudes, encontram-se entre as novas possibilidades tecnológicas. Este estudo tem como enfoque central a testagem do uso da hipoxia normobárica para a melhora do diagnóstico da doença cardiovascular. O interesse de aplicação abrange o diagnóstico da prática esportiva, do turismo, do trabalho em altitudes, da exposição de pessoas doentes a aeronaves comerciais e o favorecimento do diagnóstico em diferentes casos de doenças.

Investigações do efeito da hipoxia sobre o sistema cardiovascular demonstram que as reações fisiológicas avaliadas nessas condições diferem daquelas obtidas em normoxia (CHAPMAN, 1998; HARTLEY, 1971; NIERMEYER, 2003; SALTIN, 2002). Em função da diferenciação do efeito, é sugestivo que o diagnóstico cardiovascular em normoxia não substitui integralmente o realizado em hipoxia quando a finalidade se relaciona a deslocamentos a altitudes (WINDSOR et al., 2010). Assim, o exame de avaliação cardiovascular para fins de permanência em ambientes hipóxico terá um maior poder de predição se realizado nas mesmas condições. Isso caracteriza, por exemplo, uma necessidade prática para a maior segurança das pessoas expostas à hipoxia, bem como uma necessidade de cunho acadêmico, como a melhor descrição e interpretação dos efeitos da exposição a esses ambientes.

Outro aspecto a ser considerado, relativo ao teste ergométrico, se refere ao fato de que a avaliação em hipoxia provoca maior nível de estresse (MATHEUS, 2004; GELLER, 2005). Durante o exercício em hipóxia, observa-se aumento de variáveis respiratórias, da frequência cardíaca (FC), do débito cardíaco e do lactato sanguíneo para a mesma carga (SALTIN, 2002). Observa-se em hipoxia, para a mesma carga de trabalho em relação ao nível do mar, na dependência da velocidade de corrida, valores de FC que podem, por exemplo, ser superiores em 10 ou mais batimentos cardíacos e concentrações de lactato sanguíneo que podem ser até triplicadas. Essa característica de resposta aumentada em hipoxia pode ser observada também nas variáveis ventilatórias. A maior resposta fisiológica em hipoxia poderá beneficiar seu uso

com pessoas idosas, visando ao alcance de critérios mínimos de carga para aceitação da avaliação ergométrica em velocidades mais baixas. Dessa forma, o uso da hipoxia poderia solucionar as dificuldades de avaliação das pessoas com restrições de movimentos. Esse é um dos problemas da realização do teste ergométrico com pessoas idosas, que, em sua maioria, devido à incapacidade de aumentar a velocidade de movimentos, não alcança o nível de estresse da FC, necessário para que o teste seja considerado válido.

A exposição à hipoxia também causa uma redução da pressão parcial de oxigênio arterial, da saturação arterial e periférica de oxigênio da Hemoglobina (SaO_2 e SpO_2 , respectivamente), tendo repercussão sobre o estado de oxigenação e grau de hipoxemia. Tal fato provoca uma série de adaptações agudas, elevando o nível de estresse fisiológico. A diminuição do conteúdo de oxigênio impacta em todo o corpo, podendo repercutir em termos de redução do consumo de oxigênio do miocárdio (BÄRTSCH; GIBBS, 2007), o que provocaria várias compensações adaptativas, com possibilidades de alteração no ECG (KASSEBAUM et al., 1968). Obstruções podem acarretar uma redução da perfusão miocárdica, reduzindo o consumo de oxigênio e causando sofrimento cardíaco em função do déficit de oxigênio (BÄRTSCH; GIBBS, 2007; WYSS et al., 2003). Nesses casos, a hipoxia poderia agravar ainda mais o déficit de oxigênio cardíaco e favorecer o aparecimento de anormalidades eletrocardiográficas em caso de coração doente. Tal possibilidade permitiria uma alternativa para o reconhecimento precoce de disfunção endotelial, potencialmente arritmogênica, contribuindo inclusive para o diagnóstico da doença aterosclerótica precoce, uma vez que poderia alterar o ECG em situação de demanda estressora.

Enfim, acredita-se que a hipoxia possa potencializar a sintomatologia clínica e aspectos fisiológicos especiais, particularmente interessantes no diagnóstico de cardiopatia isquêmica ou outra doença cardiovascular, podendo, dessa forma, contribuir na constituição de uma nova possibilidade instrumental de exame diagnóstico.

Apesar de se encontrar na literatura especializada relatos de diferentes autores sobre alterações eletrocardiográficas observadas em hipoxia (WYSS et al., 2003; WINDSOR et al., 2010), principalmente referente a expedições em altitudes extremas, não se encontrou nenhuma menção do uso da hipoxia para diagnóstico precoce das doenças cardíacas manifestadas por meio de eletrocardiografia.

Com base nos argumentos anteriores é plausível, como hipótese de investigação, que o diagnóstico cardiovascular realizado em hipoxia, principalmente considerando o

eletrocardiograma (ECG) e teste ergométrico, pode apresentar alterações diversas e específicas, não visíveis em normoxia (WINDSOR et al., 2010).

Assim, se essas alterações descritas ocorrerem em hipoxia, com características de especificidade distintas da normoxia, abre-se a possibilidade de seu uso como um método alternativo para o diagnóstico de doenças cardiovasculares na rotina de avaliação clínica. Contudo, a aplicação demanda cientificamente a investigação e comprovação dos efeitos e das alterações específicas da hipoxia. Assim, esse estudo investiga se há alteração e diferenciação da resposta eletrocardiográfica, de repouso e no teste ergométrico, comparando-se as condições de exame em normoxia e hipóxia.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar as respostas eletrocardiográficas em repouso e no teste ergométrico de adultos e de idosos, de ambos os sexos, nas situações de normoxia e em hipoxia.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS GERAIS SOBRE DOENÇAS CARDIOVASCULARES

A doença cardiovascular tem a maior prevalência na população mundial e provoca o maior número de mortes e invalidez. Segundo a Organização Mundial da Saúde (2015), as doenças cardiovasculares são responsáveis por 29,4% de todas as mortes registradas no País em um ano. Isso significa que mais de 308 mil pessoas faleceram principalmente de infarto e acidente vascular cerebral (AVC). Estudos do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia (2011) mostram que 60% dessas vítimas são homens, com média de idade de 56 anos. A alta frequência do problema coloca o Brasil entre os 10 países com maior índice de mortes por doenças cardiovasculares, tendo como principal causa a aterosclerose.

O Ministério da Saúde aponta que ocorreram 962.931 mortes em indivíduos com mais de 30 anos no ano 2009, sendo que as doenças isquêmicas do coração foram responsáveis por 95.449 mortes, e as doenças cerebrovasculares por 97.860 mortes. As causas cardiovasculares atribuíveis à aterosclerose foram responsáveis por 193.309 mortes, às neoplasias por 166.036 mortes, as causas respiratórias responderam por 106.927 mortes, as causas externas por 77.503, as doenças do aparelho digestivo por 53.754 mortes e as do aparelho geniturinário por 21.527 mortes. Assim, as doenças cardiovasculares são as principais causas de morte em mulheres e homens no Brasil; são responsáveis por cerca de 20% de todas as mortes em indivíduos acima de 30 anos (MANSUR; FAVARATO, 2012).

A Organização Mundial de Saúde (2011) mostra dados diferentes, mas que apontam para a mesma realidade alarmante em termos de saúde pública. As doenças do aparelho circulatório (DAC) foram as principais causas de morte nos países desenvolvidos ou em desenvolvimento, em 2009, estando entre as 10 principais causas de mortes e sendo responsáveis por 28,7% dos óbitos em países em desenvolvimento e 26,6% nos países desenvolvidos.

A prevenção das doenças cardiovasculares passa pelo controle dos principais fatores de risco à doença coronária: Genética, História familiar de DAC prematura (familiar 1º grau sexo masculino, 45 anos, e mulher >55 anos); Tabagismo; Hipercolesterolemia (LDL-c elevado); Hipertensão Arterial Sistêmica; Diabete Mellitus; Obesidade (IMC>30 kg/m²); Gordura abdominal; Sedentarismo; e Estresse Psicossocial (SIMÃO et al., 2013).

Os mesmos autores ressaltam que os seguintes fatores são considerados agravantes de risco às doenças cardiovasculares, conforme critérios de síndrome metabólica da International Diabetes Federation: Microalbuminúria (30-300 mg/min) ou macroalbuminúria (>300 mg/min); Hipertrofia Ventricular Esquerda; Proteína-C reativa de alta sensibilidade >3 mg/L; evidência de doença aterosclerótica subclínica Estenose/espessamento de carótida (EMI) >1mm; escore de cálcio coronário >100 ou >percentil 75 para idade ou sexo; índice tornozelo braquial (ITB) < 0,9.

Há consenso e, segundo a I Diretriz de Prevenção Cardiovascular (SIMÃO et al., 2013), as investigações epidemiológicas vêm fornecendo um retrato do candidato potencial para a doença cardíaca coronária. Isso é importante porque estudos da evolução da doença coronariana na população geral revelam que é uma doença comum que frequentemente ataca sem aviso – pode ficar em silêncio em sua forma mais perigosa e pode se apresentar com a morte súbita como primeiro sintoma.

O progresso na identificação de pessoas em risco e os fatores que necessitam de correção faz com que seja teoricamente possível interromper a cadeia de fatores e acontecimentos que contribuem com essa doença, pois não começa com dor esmagadora no peito, edema pulmonar, choque, angina ou fibrilação ventricular, mas, sim, com sinais mais sutis, como um pobre perfil de risco coronariano. Os fatores de risco podem ser tratados quantitativamente como ingredientes de um perfil de risco cardiovascular e seu efeito conjunto estimado. Um conjunto eficiente de possíveis variáveis para esse fim é um exame de sangue casual para o colesterol e glicose, uma determinação da pressão arterial, ECG e uma história de fumar cigarro. Com esse conjunto de variáveis do risco de doença cardíaca coronária podem ser estimados ao longo de um intervalo de 30 vezes e 10% da população assintomáticos identificados, nos quais 25% da doença cardíaca coronária, 40% da doença arterial periférica oclusiva e 50% de acidente vascular cerebral e insuficiência cardíaca congestiva evoluirão (SIMÃO et al., 2013).

A identificação e a quebra da cadeia de acontecimentos que contribuem para a doença arterial coronariana é apenas uma das etapas para redução dos índices epidemiológicos e controle da doença em nosso meio. É necessário tomar outras medidas, além dos exames laboratoriais para proporcionar o diagnóstico precoce da doença, que traz nas recomendações a periodicidade da visita ao médico cardiologista, para a realização dos procedimentos e exames estabelecidos pelo consenso das diferentes associações médicas mundiais. A Associação Brasileira de Cardiologia (MENEGHELO et al., 2010) segue o consenso de

diferentes países, estabelecendo, contudo, suas próprias linhas e rotinas para o diagnóstico das doenças cardiovasculares. Além disso, expressa sua posição sobre o conteúdo do diagnóstico: anamnese (história clínica), exame físico, ECG de repouso e Teste Ergométrico.

2.2 MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO DAS DOENÇAS CARDIOVASCULARES

O aprimoramento dos métodos de diagnóstico das doenças cardiovasculares desempenha importante papel à precocidade e especificidade do tratamento. Nesse item, entre os vários métodos e procedimentos diagnósticos existentes para as doenças e o sistema cardiovascular, serão enfocados aqueles procedimentos e exames com uso nesse estudo.

2.2.1 Anamnese e exame físico do idoso

Conforme as Diretrizes de Cardiogeriatría da Sociedade Brasileira de Cardiologia (2010), o diagnóstico e tratamento de pacientes idosos com doença cardiovascular apresentam distinções importantes em relação aos pacientes adultos não idosos. A anamnese pode ser dificultada por diminuição de sensibilidade dolorosa, déficit de memória e de audição, dificultando a compreensão das questões formuladas pelo médico, com menor precisão das informações e conseqüente erro diagnóstico. A omissão ou desvalorização ou hipervalorização dos sintomas contribuem para aumentar essas dificuldades.

Além disso, o exame físico pode confundir. A estase jugular, característica de ICC, pode ser ocasionada por vasos tortuosos e ateroscleróticos ou por compressão venosa pelo arco aórtico alongado. Estertores pulmonares podem ser ocasionados por atelectasia ou doença pulmonar obstrutiva crônica; a hepatomegalia, por diafragma rebaixado secundário à doença pulmonar obstrutiva crônica; e o edema, por insuficiência venosa, ação gravitacional ou compressão extrínseca por tumor (GRAVINA et al., 2010; SIMÃO et al., 2013).

O tratamento deve ser conduzido com cuidado. As transformações que ocorrem com o envelhecimento modificam a farmacocinética e a farmacodinâmica dos fármacos, com alterações em sua distribuição, metabolização e eliminação, além de repercutirem em sua ação e efeito no organismo do idoso. Esses fatos demandam adequação das doses dos medicamentos. A presença de comorbidades e aparecimento das doenças degenerativas associada ao processo de envelhecimento levam ao uso de maior número de fármacos e,

consequentemente, de interações medicamentosas, exigindo atenção na prescrição terapêutica (GRAVINA et al., 2010).

Assim, a sensibilidade e especificidade dos sintomas e sinais nos idosos são diferentes dos que ocorrem na população adulta mais jovem. O atendimento ao idoso deve ser diferenciado e o médico deve estar atento às peculiaridades sobre como abordar e tratar as diversas doenças cardiovasculares nesta faixa etária.

O estabelecimento de normas diagnósticas, terapêuticas e de prevenção das doenças cardiovasculares específicas para o idoso, baseadas em evidências disponíveis na literatura, torna-se necessário. Entretanto, deve-se observar que, enquanto as populações dos estudos clínicos podem diferir da população da vida real, esse fato é particularmente acentuado em relação a idosos. Isso desperta preocupação em relação ao cálculo do poder dos estudos nos quais os dados sobre os idosos são extrapolados (GRAVINA et al., 2010).

Na maioria dos estudos, apesar de a estimativa de poder se referir a toda população e não apenas ao subgrupo dos idosos, são extraídos dados para determinação de classe ou grau de recomendação para o subgrupo dos idosos. O mesmo ocorre para o nível de evidência, em que este reflete tipicamente o estudo como um todo, mais do que o segmento dos idosos. A recomendação para idosos derivada de população de subgrupos e estudos não específicos representa um problema (GRAVINA et al., 2010).

Entretanto, no momento, talvez a única abordagem seja a identificação do problema. Assim, deve-se reconhecer que alguns estudos nos quais essas diretrizes se apoiam apresentam um poder limitado em relação aos resultados relacionados a idosos e/ou viés de seleção no recrutamento de idosos. Além disso, de grande importância ainda é a variação que ocorre nos diferentes estudos quanto à definição de idoso. É importante enfatizar que a população de 65-75 anos se assemelha à população mais jovem. Acima dos 75 anos existem diferenças substanciais que aumentam acentuadamente para aqueles na década dos 80 anos. Os octogenários representam a população em crescimento para a qual mais se necessita de recomendações. É nessa população específica que a individualização pode ser especialmente importante, considerando as morbidades e a fragilidade desse segmento específico da população (GRAVINA et al., 2010).

2.2.2 Eletrocardiograma em Idosos

Gravina et al. (2010), no consenso de cardiogeriatría da Sociedade Brasileira de Cardiologia, reportam:

Todo paciente com suspeita de DAC, baseada na presença de sintomas sugestivos da doença, deve realizar um ECG de repouso, embora deva ser enfatizado que em aproximadamente 50% dos casos o exame é normal, fato que pode ocorrer mesmo em portadores de doença coronária grave. O traçado eletrocardiográfico mais encontrado na DAC crônica é a alteração inespecífica da repolarização ventricular, que pode também estar relacionada a outras causas, como: hipertrofia ventricular esquerda, distúrbios eletrolíticos, efeitos neurogênicos, bloqueio completo do ramo esquerdo (BCRE) e ação de drogas. A presença de ondas Q patológicas constitui indicador relativamente específico, porém pouco sensível para o diagnóstico de IAM prévio. No estudo de Framingham (apud GRAVINA et al., 2010), mais de 40% dos infartos eram desconhecidos, clinicamente silenciosos, nos pacientes com 75 anos ou mais, principalmente nas mulheres. Apesar das limitações mencionadas, o ECG de repouso pode propiciar informações prognósticas. Nesse sentido, em pacientes portadores de DAC, a presença de alterações do ST-T geralmente se correlaciona com a gravidade da cardiopatia e com pior prognóstico. O BCRE ou bloqueio do fascículo ântero superior esquerdo também confere prognóstico adverso, já que se correlaciona com disfunção ventricular esquerda e doença multiarterial. O ECG é particularmente útil, quando realizado durante episódios de angina, uma vez que pode exibir traçados do tipo depressão do segmento ST, ou mesmo pseudonormalização de alterações prévias do ST-T, em aproximadamente 50% dos casos.

2.2.3 Eletrocardiograma de Repouso

O registro da atividade elétrica cardíaca é obtido na superfície do tórax, com uma qualidade do método que não é obtida por outras técnicas, e esse é, sem dúvidas, o procedimento mais utilizado para auxiliar o diagnóstico das doenças cardíacas. Esse método é de simples realização, seguro, reproduzível, podendo ser usado em grandes estudos devido ao seu baixo custo. A metodologia foi favorecida pelo desenvolvimento de aparelhos mais sofisticados, computadorizados e menores, o que facilitou a sua utilização nas situações de emergência e nas rotinas ambulatoriais e hospitalares (GUIMARÃES et al., 2003).

Existem numerosas formas de utilização do ECG de 12 derivações na prática clínica, pois o método é capaz de refletir alterações primárias ou secundárias aos processos do miocárdio, como nos casos de doenças das artérias coronárias, hipertensão arterial, cardiomiopatias, doenças metabólicas e alterações eletrolíticas, além dos efeitos tóxicos ou terapêuticos das drogas e próteses. O ECG é considerado padrão-ouro para o diagnóstico não invasivo das arritmias e distúrbios de condução, além de ser muito importante nos quadros isquêmicos coronarianos, constituindo-se em um marcador de doença do coração. Sua

sensibilidade e sua especificidade são maiores para o diagnóstico das arritmias e distúrbios de condução, do que para as alterações estruturais ou metabólicas (GUIMARÃES et al., 2003).

Existe, por outro lado, um grande número de anormalidades fisiopatológicas e estruturais que pode ser reconhecido pelo ECG, porém a sobreposição de alterações resultante reduz a especificidade para várias formas de doenças do coração. As alterações da repolarização ventricular são um bom exemplo disso, pois, embora sejam as modificações mais comuns e mais sensíveis, são pouco específicas. A tecnologia dos computadores, inclusive dos pessoais, trouxe poderosos sistemas de captação de sinais e de avaliação de algoritmos, aumentando a dimensão do uso do ECG. As análises de variabilidade da frequência, potenciais tardios, dispersão do QT e alternância de T constituem novos marcadores de doença cardíaca (GUIMARÃES et al., 2003).

A Diretriz de Interpretação do ECG em Repouso (2003) explica que os ECGs devem ser interpretados por cardiologistas, clínicos gerais e médicos que trabalham com urgências. Os profissionais devem ter a habilidade de definir, reconhecer e compreender as bases fisiopatológicas de algumas anormalidades eletrocardiográficas. Os programas de ensino e reciclagem devem estimular os médicos a reconhecer, além dos diagnósticos habituais (arritmias, sobrecargas, áreas eletricamente inativas, alterações da repolarização e marca-passo), outros diagnósticos clínicos que podem se manifestar com alterações eletrocardiográficas típicas. Nesse grupo, é possível destacar doenças neurológicas, doenças congênitas, hipotermia, cardiomiopatia hipertrófica, síndrome do QT longo, embolia pulmonar, Wolff-Parkinson-White, displasia arritmogênica de ventrículo direito e síndrome de Brugada. Na verdade, os médicos que utilizam o ECG para as decisões clínicas devem ter conhecimento suficiente para fazer diagnósticos mais sofisticados.

O ECG realizado em outras situações patológicas ou mesmo para uma avaliação cardiológica de rotina pode ser útil na comparação com um novo evento. A observação de traçados prévios pode auxiliar sobremaneira alguns diagnósticos, como infartos antigos e agudos, repolarização precoce e verdadeiras isquemias, aneurisma ventricular, mecanismos das taquicardias supraventriculares, embolismo pulmonar, derrame pericárdico, distinção entre taquicardia ventricular e supra, troca de eletrodos e outros distúrbios eletrolíticos (GUIMARÃES et al., 2003).

A interpretação do ECG por meio do computador apresentou grande desenvolvimento nos últimos anos. A partir dessa última década, os sistemas para interpretação dos ECGs computadorizados tiveram um grande implemento, porém a análise do exame pelo

computador não substitui o profissional experiente. Ficou evidente que, para as medidas, os ângulos, a frequência cardíaca, enfim, para tudo que depende de exatidão, o computador é mais eficiente. Entretanto, a literatura demonstrou que os falsos positivos e negativos foram 18 vezes mais presentes nas interpretações pelos sistemas computadorizados. Essas conclusões comprovam que os laudos computadorizados devem ser avaliados por um especialista e não podem ser utilizados para uma decisão clínica sem o cuidado descrito. Pode-se afirmar, enfim, que o ECG é ferramenta fundamental para os especialistas nas decisões clínicas, pois, ainda que possa ter sido interpretado em serviços de eletrocardiografia, é parte integrante das discussões clínicas e à beira do leito (GUIMARÃES et al., 2003).

2.2.4 Teste Ergométrico

No teste ergométrico, o paciente é submetido a estresse físico programado e personalizado, a fim de avaliar a resposta clínica, hemodinâmica, eletrocardiográfica e metabólica ao esforço. Sua indicação de rotina inclui o fato de ser um exame simples e seguro. A análise dos sintomas e o aparecimento da dor precordial desencadeada pelo esforço são os parâmetros clínicos de maior evidência de isquemia miocárdica ao esforço. Tal sintoma se reveste de maior importância se for de intensidade suficiente para interromper o teste. O nível de tolerância ao esforço, o comportamento da pressão arterial e a resposta da FC são parâmetros importantes na avaliação hemodinâmica, assim como a elevação ou depressão do segmento ST. O teste ergométrico possibilita ao médico assistente: detecção de isquemia miocárdica, de arritmias cardíacas e de distúrbios hemodinâmicos (BRITO et al., 2002).

Segundo a III Diretrizes da SBC (2010), o teste ergométrico é um método hoje universalmente aceito para o diagnóstico das Doenças Cardiovasculares, sendo também útil na determinação prognóstica, na avaliação da resposta terapêutica, da tolerância ao esforço e de sintomas compatíveis com arritmias ao exercício. Seu baixo custo no Brasil e alta reprodutibilidade possibilitam sua disseminação por todas as regiões do país, tornando-o instrumento importante na tomada de decisão, em várias situações clínicas. As suas indicações vêm sendo progressivamente ampliadas, precedendo ou em associação a métodos de imagem e de análise de gases expiratórios, o que pressupõe a necessidade de atualização periódica das recomendações e diretrizes para a sua utilização na prática clínica, baseada nas melhores evidências científicas disponíveis (MENEGHELO et al., 2010).

De acordo com a II Diretrizes em Cardiogeriatría da Sociedade Brasileira de Cardiologia (GRAVINA et al., 2010), a maioria dos estudos realizados demonstra sensibilidade entre 50% e 72% (média de 67%) e especificidade entre 69% e 74% (média de 71%). No entanto, a mesma diretriz chama a atenção e considera importante ressaltar as limitações desses valores, uma vez que o padrão-ouro de comparação foi a cineangiogramia coronária, que identifica apenas a anatomia da árvore arterial coronária e não a isquemia miocárdica que está associada a uma menor fração de reserva de fluxo coronário. O teste de esforço é capaz de identificar a presença de isquemia com mais propriedade do que o percentual de obstrução da luz da artéria coronária, dependente da experiência do observador. É conhecimento vigente que estágios iniciais de DAC podem determinar disfunção endotelial e desencadear respostas anormais da vasculatura coronariana, mesmo na ausência de doença obstrutiva significativa. Outra dificuldade é a grande diversidade das populações estudadas, nem sempre superponíveis. Acrescente-se ainda que os valores médios de sensibilidade se originam de meta-análise, nas quais, comumente, populações muito heterogêneas são incluídas.

O valor preditivo do teste ergométrico está diretamente relacionado à prevalência da doença na população estudada. Caso a prevalência para DAC seja de 5%, com sensibilidade de 50% e especificidade de 90%, o valor preditivo para um teste ergométrico positivo para isquemia será apenas de 21%. No entanto, se a prevalência de DAC for de 50%, em condições iguais de sensibilidade e especificidade, o valor preditivo positivo passará para 83% (GRAVINA et al., 2010).

2.3 HIPOXIA: ASPECTOS DOS SEUS EFEITOS SOBRE O CORAÇÃO

Hipoxia pode ser a redução da pressão parcial de oxigênio no ar atmosférico, a diminuição da pressão parcial alveolar de oxigênio, a diminuição da capacidade de transporte pela circulação e/ou a dificuldade ou impossibilidade do tecido de utilizar o oxigênio que lhe é disponibilizado (THEODORE et al., 2016).

Conforme o *Medical Dictionary* (2016), os tipos de hipoxia são relacionados aos fatores causadores.

- Hipoxia Hipóxica – é a diminuição da pressão parcial de oxigênio na atmosférica, em função do aumento da altitude;

- Hipoxia Estagnante – é causada por falha no sistema de transporte de oxigênio, por obstrução ou impedimentos ao livre fluxo circulatório a diferentes partes do corpo, podendo a PaO_2 estar normal;

- Hipoxia Histotóxica – causada pela ação de componentes tóxicos externos ou do próprio metabolismo, por exemplo, sobre a atuação das enzimas mitocondriais, impedindo ou limitando a ação junto à cadeia respiratória (MANDAL, 2013).

Em consequência à redução do conteúdo de oxigênio ao nível tecidual, o corpo aciona vários mecanismos de compensação ao nível de todos os sistemas e entre várias alterações fisiológicas. Citam-se algumas, de forma simplificada:

- ao nível respiratório, após a estimulação dos receptores das carótidas, aumenta a ventilação, buscando compensar o déficit de oxigênio e restabelecer a PaO_2 (AINSLIE; POULIN, 2004; SHATILO et al., 2008);

- ao nível circulatório, simultaneamente ao item anterior, aumenta a frequência e débito cardíaco em repouso e exercício (NOAKES et al., 2001; WINDSOR et al., 2010);

- ao nível metabólico, destaca-se o aumento da glicólise e glicogenólise com elevação da concentração de lactato sanguíneo (HOPPELER; VOGT, 2001; FRIEDMANN et al., 2007).

As adaptações agudas e crônicas à hipoxia visam regular, restabelecer a PaO_2 e incrementar as demais funções e condições biológicas necessárias ao desempenho das tarefas de vida neste ambiente (NOAKES et al., 2001).

2.4 ALTERAÇÕES ELETROCARDIOGRÁFICAS EM ALTITUDES

Grande parte dos relatos sobre ECG em hipoxia advém de investigações em expedições feitas a diferentes montanhas, hipoxia hipobárica e grupos, principalmente de adultos jovens e saudáveis. Os achados sobre alterações do ECG em hipoxia seguem nos resultados dos seguintes estudos:

Peñaloza e Echevarría (1957) relataram sinais clássicos de hipertrofia ventricular direita, e de bloqueio de ramo direito. Aprofundamento e aumento da onda S nas derivações precordiais esquerdas e retardo de onda R em aVR foram resultados encontrados. Os autores investigaram também pessoas, não aclimatadas, habitantes ao nível do mar durante um ano de permanência em altitude, não detectando variações nos processos atriais (onda P). No entanto, ao nível ventricular foi constatado desvio do eixo para direita, aprofundamento e aumento de

onda S. Para esses autores, dois fatores foram provavelmente responsáveis por esses acontecimentos: variações na posição cardíaca e um incipiente desenvolvimento da hipertrofia do ventrículo direito. Nas derivações precordiais direitas, a onda T tornou-se negativa ou teve um achatamento anormal. Supradesnivelamento do segmento ST ocorreu nos primeiros meses e todas essas mudanças diminuíram ou desapareceram nos últimos meses. A esse achado foi atribuída uma importância funcional inicial de resposta à hipoxemia e à sobrecarga do ventrículo direito. Os pesquisadores concluíram que um ano de adaptação (residência) em altas altitudes não foi suficiente para proporcionar mudanças QRS similares às observadas nos moradores nativos nessas altitudes. Contudo, em um ano de residência, na maioria dos casos, houve desaparecimento das alterações da onda T.

Harris e Hansen (1966) compararam os traçados de residentes ao nível do mar com os da altitude de Denver (entre 3.800m a 4.700m). Mudanças significativas de QRS foram observadas nos grupos nas altitudes analisadas. No entanto, apenas alterações mínimas ocorreram nas pessoas de Denver, expostas a 11.400 pés na câmara hipobárica. Os autores relataram aumentos transitórios da FC, diminuição da amplitude QRS e inversão da onda T; desvios para a direita e posterior do SÂQRS foram progressivos e prolongados. As variáveis controladas em exercício diário, profundidade de inspiração e velocidade de subida não influenciaram significativamente os resultados eletrocardiográficos. As mudanças na amplitude do QRS e ondas T em altitudes são efeitos transitórios de hipoxia cardíaca, enquanto que desvios mais acentuados do eixo QRS podem representar estágios iniciais de hipertrofia miocárdica, e são, mais provavelmente, devido às alterações de perfusão pulmonar do que ventilação (HARRIS; HANSEN, 1966).

Crow et al. (1981) concluíram que a evidência da presença ou frequência de simples batimentos ventriculares ectópicos (VEBs), em indivíduos aparentemente saudáveis no exame clínico e laboratorial, não é por si só um indicador significativo e independente de futura doença coronária ou morte súbita. Os autores pensam que a importância prognóstica de VEBs em pessoas aparentemente saudáveis ainda é desconhecida. Mas a descoberta de formas complexas indicaria exploração cuidadosa e, geralmente, não invasiva para acompanhamentos passageiros, sutis e ocultos como Wolff-Parkinson-White ou síndrome do QT longo, medicamentos cardíacos, prolapso da válvula mitral e, claro, a doença coronária. Contudo, os pesquisadores não acreditam que o achado de ectopia ventricular simples implica presença de doença cardíaca ou excesso de risco futuro. Tampouco esse achado, na rotina, ou mesmo em

repetida avaliação, dita uma abordagem agressiva ou de longo prazo para a terapia supressora entre as pessoas livres de manifestação de doença.

Os autores acima citados sustentam que extrassístoles ventriculares simples (VEBs) são onipresentes e inofensivas no saudável, e são mais frequentes e significativas em pacientes com doença cardíaca manifesta. Entre os pacientes cardíacos existem associações reais.

Os estudos anteriores são exemplos que mostram os tipos de alterações que ocorrem no ECG e que vêm sendo observados de longa data. Tais achados se repetem nas investigações de outros autores, sem grandes diferenças quanto ao tipo de alteração característica.

A seguir, o relato de estudos mais recentes publicados sobre o tema:

Windsor et al. (2010) reportam que o efeito da hipoxia sobre o sistema nervoso autônomo resulta em alterações da FC, que aumenta ao nível de exercício submáximo e diminui no máximo. A vasoconstrição pulmonar decorrente da hipoxia leva ao aumento da pressão pulmonar e alterações morfológicas do ECG, como: desvio de eixo para direita; bloqueio de ramo direito; e mudanças de amplitude das ondas P e T. Segundo os mesmos autores, as atividades ectópicas atrial e ventricular, assim como as taquiarritmias, são raras em pessoas saudáveis. Alertam que pessoas com significativa doença cardíaca submetidas à hipoxia apresentam alto risco de isquemia e de morte súbita. Arritmias ventriculares também têm sido amplamente relatadas em altitude e, na grande maioria dos casos, trata-se de batimentos ectópicos ventriculares. Embora a maioria fosse isolada, também foram relatados episódios de extrassístole ventricular bigeminadas. Na altitude, tendem a ocorrer com frequência crescente durante ascensão e a se reduzir ou desaparecer durante a descida. Conforme relatam os pesquisadores, a mais longa das TVs documentadas em expedições duraram 14 complexos e coincidiram com a maior sensação de dispnéia dos alpinistas.

Mais recentemente, uma expedição militar britânica para o Himalaia identificou uma ampla gama de atividade arritmica, incluindo um episódio de fibrilação ventricular polimórfica “torsades de pointes” em montanhista saudável e bem aclimatado. Para Windsor et al. (2010), a relação entre batimentos ectópicos ventriculares (BEVs) e arritmias ventriculares potencialmente fatais permanece controversa. No entanto, informam os autores que recentes estudos revelaram uma associação significativa entre BEVs relacionadas ao exercício e mortalidade por doença cardiovascular. O risco relativo de morte por doença cardiovascular em quem vivencia BEVs durante ou imediatamente após o exercício tem sido

demonstrado que variam entre 1,5 e 3. O aumento da frequência de BEVs em alguns indivíduos em altitude pode, por conseguinte, ser associado a um risco aumentado de taquiarritmias ventriculares e morte súbita cardíaca.

Coustet et al. (2015) compararam o ECG de 456 sujeitos em exercício moderado sob normoxia e hipoxia na mesma FC, a fim de investigar evidência de preditores independentes de alterações eletrocardiográficas induzida por hipoxia. Os autores relataram durante o teste ergométrico uma diminuição da amplitude das ondas P/QRS/T, dependentes da “dose” de hipóxia, e que esta não induziu a quaisquer desordens, arritmias ou alterações de QRS. Como o estudo envolveu dados de pessoas que se deslocariam à altitude e realizaram testes médicos prévios, pressupõe-se tratar, em sua maioria, de pessoas saudáveis, uma vez que os autores não elucidam bem esse aspecto.

Donegani et al. (2014), reportando ao Consenso da Comissão Médica da União Internacional da Associação de Alpinistas, informam entre as arritmias mais comumente encontradas em altitudes: batimento ectópico prematuro atrial; taquicardia supraventricular e extrassístoles ventriculares; e curtos períodos de bigeminismo ventricular. Acrescentam, ainda, que desvio do eixo para direita, bloqueio de ramo direito e as mudanças na amplitude de ondas P e T são vistos em altitudes. Essas alterações são explicadas pelos autores devido à sobrecarga de pressão que ocorre na parte direita do coração em altitude. Alterações isquêmicas são raramente vistas em indivíduos saudáveis em altitude. Tais alterações de ECG retornam rapidamente ao normal após descida.

Tuttle et al. (2015) relatam no ECGR e na ecocardiografia-Doppler imaging em alpinistas que escalaram o Everest as seguintes alterações de ECG: aumento na FC; prolongamento do intervalo QT; achatamento do ST-T; mudança para a direita no eixo QRS frontais; aumento na amplitude da onda P na derivação II. Segundo os autores, três dos 12 envolvidos na escalada desenvolveram um novo bloqueio de ramo direito, e outros três alterações compatíveis com hipertrofia do ventrículo direito. Algumas das alterações eletrocardiográficas, principalmente o aumento da FC, alongamento do intervalo QT, e anormalidades da onda ST-T, podem ser atenuadas com a administração de betabloqueador, sugerindo um papel das catecolaminas em seu surgimento. Como todas as anormalidades do ECGd diminuem durante a descida, elas não são consideradas clinicamente significativas.

De acordo com esses mesmos autores foi encontrada pressão arterial controlada, e nenhuma evidência de isquemia, após teste de esforço e repouso de três horas depois de ascensão rápida à altitude, ao investigar pacientes com prévio infarto do miocárdio e com

revascularização. Todos os pacientes toleraram a rápida ascensão, e não foi necessário interromper prematuramente nenhum dos testes de esforço cardiopulmonar. Não foram observadas evidências de isquemia ou de significativas arritmias durante o teste de estresse em alta altitude. Por outro lado, os autores encontraram intrigante frequência de isquemia, em indivíduos que não tinham diagnóstico de doença coronariana ao se exercitarem em grandes altitudes. Foram avaliados, com monitor holter, 149 esquiadores selecionados, começando a uma altitude de 3.430m (11.250 pés). Apenas 5,6% dos esquiadores com mais de 40 anos de idade mostrou ECG com evidência de isquemia. Isso é semelhante aos 5% da incidência de isquemia observados sem testes de rastreamento de estresse em indivíduos assintomáticos ao nível do mar.

Tanto ascender à altitude como se exercitar nela pode ser seguro para pacientes com doença coronariana estável ou um evento coronário agudo remoto. No entanto, ao aconselhar um paciente, com doença coronariana, que está planejando uma viagem à altitude, o profissional de saúde precisa levar em consideração o nível funcional desse paciente, seu estado clínico, limiar isquêmico, e antecipar a carga de trabalho, estresse. Um teste de esforço progressivo ao nível do mar pode ser prudente para avaliação da tolerância ao exercício e isquemia provocada, para avaliação clínica. Além disso, as recomendações específicas incluem: pacientes com síndromes coronárias agudas recentes que não tiveram revascularização; não deve haver nenhuma subida à altitude até que o teste de esforço máximo tenha sido realizado e confirmada ausência de isquemia ostensiva; os pacientes que tiveram infarto do miocárdio há, pelo menos, duas semanas só devem se submeter a viagens de avião, ou a um potencial de estresse, se não houver angina, dispneia ou hipoxemia em repouso e nenhum medo de voar (TUTTLE et al., 2015).

3 METODOLOGIA

3.1 GRUPO DE ESTUDOS

Foi composto por 67 pessoas voluntárias na faixa etária de 50 a 79 anos, divididos em: Grupo 1 – constituído por 45 pessoas sedentárias, de ambos os sexos; Grupo 2 – composto por 15 jogadores de futebol que disputavam o campeonato da cidade na categoria sênior (igual ou maior que 55 anos); e Grupo 3 – constituído por 07 canoístas de alto rendimento.

3.1.1 Seleção do grupo de estudos

O grupo foi recrutado por meio de convite às pessoas da comunidade de Santa Maria/RS, pelos meios de comunicação da UFSM e por contato pessoal direto dos responsáveis pelo projeto com as diferentes pessoas e grupos de prática esportiva dos projetos de extensão do Centro de Educação Física e Desportos (CEFD).

3.1.2 Critérios de inclusão e exclusão

Utilizou-se como critérios de inclusão: não possuir patologia impeditiva, tendo como base os pré-exames, a avaliação clínica e o teste em normoxia, bem como a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Já como critérios de exclusão foram utilizadas as contraindicações para teste ergométrico da Sociedade Brasileira de Ergometria (MENEGHELO et al., 2010). Entre essas são citadas como exemplo: infarto agudo do miocárdio (IAM); angina instável estabilizada; dor torácica aguda; lesão conhecida e tratada de tronco de coronária esquerda ou equivalente; arritmias ventriculares; arritmias com repercussões clínicas e hemodinâmicas sob controle; síncope por provável etiologia arritmogênica BAV avançado; presença de desfibrilador implantável; insuficiência cardíaca compensada avançada (classe III NYHA); lesões valvares estenóticas moderadas ou insuficiências graves; hipertensão pulmonar; e doenças respiratórias.

3.2 INSTRUMENTOS PARA A COLETA DE DADOS

3.2.1 Eletrocardiógrafo

O ErgoPC digital versão 3.1, com 12 derivações da Firma Micromed, foi usado para a realização do ECG em repouso e durante o teste ergométrico, nas duas situações ambientais de análise.

3.2.2 Esteira Ergométrica

Para os testes de esforço foi utilizada a esteira ergométrica ATL 10200 da Inbrasport e os seguintes protocolos: para o grupo 1 (idosos e sedentários) - protocolo de Naughton; para o grupo 2 (futebolistas seniores) - protocolo de Bruce; e para o grupo 3 (canoístas de alto rendimento) – protocolo de Mader, com estágios de cinco minutos.

Ressalta-se que, como o grupo 1 apresentou muita variação no que diz respeito à idade e à condição física, foi necessário adotar uma conduta adicional com as pessoas que concluíram o protocolo sem alcançar a FC máxima ou próxima da máxima prevista para a idade. Sendo assim, após concluir o protocolo de Naughton, essas pessoas foram submetidas ao protocolo de Bruce modificado com o aumento do estágio a cada minuto até a desistência voluntária. Tal estratégia teve a finalidade de registrar o traçado do ECG em FCs mais altas, nos limites de esforço máximo.

No local de testes havia todos os instrumentos e materiais necessários, conforme indicado pela III Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre Teste Ergométrico (MENEGHELO et al., 2010).

3.2.3 Simulador de Altitude

Os testes foram executados em câmara especial, fabricada pela Weiss Technik UK Ltd, com controle de temperatura (23°C), Umidade relativa do ar (60 %) e concentração de oxigênio (21% para o teste de normoxia e 14% para o teste em hipoxia).

3.3 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS

A presente pesquisa faz parte de um projeto que foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFSM (Registro CONEP 243; CAAE: 003360243000-11).

Considerando a rotina de coleta de dados para esse estudo, a ordem de procedimentos ocorreu conforme segue:

Quadro 1 – Descrição dos procedimentos para a coleta dos dados.

MOMENTOS	PROCEDIMENTOS
Fase pré-coleta de dados	<ul style="list-style-type: none"> - Reunião explicativa do conteúdo e finalidade do projeto e assinatura do TCLE aos voluntários na participação do estudo - Agendamento individual da realização da Avaliação Clínica Cardiológica
1ª Fase de coleta de dados	<ul style="list-style-type: none"> - Anamnese e exame físico - ECG em repouso em normoxia, registros em 5, 10 e 15 minutos - ECG durante o Teste Ergométrico em Normoxia (TEN)
Intervalo de 7 dias	
2ª Fase de coleta de dados	<ul style="list-style-type: none"> - ECG em repouso em hipoxia com 14% O₂ (2.400 metros) – registros em 5, 10 e 15 minutos - ECG durante o Teste Ergométrico em Hipoxia (TEH) (14% O₂)

Fonte: O autor.

As explicações sobre o projeto e todas as intervenções clínicas e demais avaliações foram realizadas por médico cardiologista, auxiliado por sua equipe de apoio.

3.4 ANÁLISE DOS DADOS

A análise qualitativa foi usada para comparar as variáveis e o significado clínico do ECG coletados em cada exame (ECG em repouso e em ergometria) nas situações de TEN e TEH e para indicação de patologia ou normalidade. O mesmo procedimento é encontrado nos artigos sobre ECG em hipoxia de periódicos internacionais e nacionais (HARRIS; HANSEN, 1966; WINDSOR et al., 2010; COUSTET et al., 2015); considerando também os principais artigos de revisão sobre resposta eletrocardiográfica em hipoxia.

Em metodologias qualitativas, o fenômeno tem sua relevância pelos aspectos que o caracterizam e representam os fatos, sendo de importância secundária a frequência ou relação quantitativa de seu aparecimento. Em relação aos fatos observados, pode-se afirmar que são corretos para o grupo avaliado, sendo consistentes para os casos observados.

4 RESULTADOS

De acordo com os resultados obtidos foi possível constatar que não houve diferença qualitativa ou quantitativa entre os ECGs em Normoxia e Hipoxia (14% O₂). Isto é, não foi possível constatar alteração do traçado e/ou uma sintomatologia com significado clínico nas 67 pessoas investigadas.

No transcorrer das coletas, deparou-se com dois casos que, apesar de terem sido excluídos por não terem realizado a metodologia completa proposta no presente estudo, foram considerados ilustrativos, importantes no que diz respeito à temática proposta.

Em ambos os casos, o resultado do ECG de repouso não apresentou alterações. O primeiro caso foi de uma pessoa que teve o diagnóstico de cardiopatia isquêmica severa, tendo apresentado durante o TEN um infradesnívelamento ST. Tal diagnóstico foi mais tarde comprovado por cineangiocoronariografia.

Já o segundo caso foi de um indivíduo com diagnóstico prévio de cardiopatia isquêmica controlada com medicamentos que não apresentou alteração do ECG em repouso em normoxia e em hipoxia. No entanto, ao ser submetido ao TEH, este paciente apresentou dor típica e supradesnívelamento ST nos primeiros estágios de carga.

Considerando os 45 casos restantes do grupo de sedentários, homens e mulheres com limites de faixa etária entre 50-79 anos, não foram detectadas alterações eletrocardiográficas ou qualquer outro sintoma típico de doença quando comparados os resultados de hipoxia e normoxia. No entanto, houve nesse grupo de sedentários oito pessoas que apresentaram algumas alterações no traçado eletrocardiográfico, as quais são demonstradas no quadro 2.

Quadro 2 – Comportamento do traçado eletrocardiográfico de sujeitos pertencentes ao grupo 1 (sedentários) em diferentes condições de teste ergométrico (normoxia e hipoxia).

Sujeito	Idade (anos)	Teste Ergométrico Normoxia	Teste Ergométrico Hipoxia
1A	68	NORMAL	ACHATAMENTO ONDA T
2A	56	NORMAL	INFRADESNIVELAMENTO ST
4A	71	NORMAL	EXTRASSÍSTOLE MULTIFOCAIS
5A	79	NORMAL	INFRADESNIVELAMENTO ST
6A	71	EXTRASSÍSTOLE SUPRAVENTRICULAR	EXTRASSÍSTOLE SUPRAVENTRICULAR
7A	58	NORMAL	INFRADESNIVELAMENTO ST
8A	57	NORMAL	INFRADESNIVELAMENTO ST
9A	65	NORMAL	INFRADESNIVELAMENTO ST

Fonte: O autor.

Ao analisar o quadro 2, constata-se que dos oito indivíduos, sete apresentaram um traçado eletrocardiográfico normal como resposta ao TEN; no entanto, quando submetidos ao TEH, o traçado eletrocardiográfico apresentou-se alterado. Tais resultados podem ser evidenciados em anexo (APÊNDICE A).

No que se refere ao grupo 2, composto por quinze jogadores de futebol sênior, oito apresentaram ECGs normais, tanto em normoxia, quanto em hipoxia, não acontecendo o mesmo com sete sujeitos, os quais apresentaram alterações do traçado em hipoxia, sem ocorrências correspondentes em normoxia, conforme mostra o quadro 3.

Quadro 3 – Comportamento do traçado eletrocardiográfico de sujeitos pertencentes ao grupo 2 (jogadores de futebol sênior), em diferentes condições de teste ergométrico (normoxia e hipoxia).

Sujeito	Idade (anos)	Teste Ergométrico em Normoxia	Teste Ergométrico em Hipoxia
1B	60	- EXTRASSÍSTOLE VENTRICULAR	- EXTRASSÍSTOLE VENTRICULAR
5B	65	- EXTRASSÍSTOLE SUPRAVENTRICULAR	- EXTRASSÍSTOLE SUPRAVENTRICULAR - INFRADESNIVELAMENTO ST
6B	55	- EXTRASSÍSTOLE VENTRICULAR - TAQUICARDIA SUPRAVENTRICULAR NÃO SUSTENTADA	- EXTRASSÍSTOLE VENTRICULAR - INFRADESNIVELAMENTO ST
7B	55	- INFRADESNIVELAMENTO ST (13 ^o min)	- INFRADESNIVELAMENTO ST (9 ^o min)
8B	59	- INFRADESNIVELAMENTO ST (discreto)	- INFRADESNIVELAMENTO ST (acentuado)
9B	55	- NORMAL	- INFRADESNIVELAMENTO ST
10B	58	- NORMAL	- INFRADESNIVELAMENTO ST

Fonte: O autor.

Conforme se observa no quadro acima, em quatro dos sujeitos (1B, 5B, 6B, 7B) houve a mesma alteração do ECG nas duas situações, ou seja, no teste ergométrico hipóxico houve, no mínimo, a manutenção das alterações no ECG detectadas em normoxia.

No entanto, também é possível observar no quadro 2 que cinco dos indivíduos testados (5B, 6B, 8B, 9B, 10B) apresentaram alterações do traçado do ECG durante o teste ergométrico em hipoxia, que não haviam sido bem caracterizadas no transcorrer do teste em normoxia.

Cabe ressaltar que casos de normalidade no teste ergométrico em normoxia e traçado alterado no teste ergométrico em hipoxia se constituem em um indicativo de isquemia

miocárdica para o avaliador, baseado nos critérios dos consensos, nacionais e internacionais de ergometria (MENEGHELO et al., 2010).

Fazendo menção ao terceiro grupo investigado, constituído por 7 canoístas de alto rendimento, não foi possível constatar alterações significativas de traçado do ECG, tampouco foram observadas diferenças nesses traçados quando se comparou o ECG obtido em normoxia ao obtido em hipoxia, tanto no período de repouso quanto durante os teste ergométricos.

Considerando os três grupos investigados (67 sujeitos), 52 sujeitos apresentaram resultados de ECG normais e sem diferenciação entre as duas situações de testes (normoxia e hipoxia). Já em 12 sujeitos constatou-se que as alterações de traçado que ocorreram em hipoxia não tinham aparecido em normoxia. Referindo-se especificamente às alterações em hipoxia, foram evidenciadas, no total, a ocorrência de cinco casos de extrassístoles, onze de infradesnívelamento do segmento ST e 1 de achatamento da onda T.

5 DISCUSSÃO

Os efeitos da hipóxia foram investigados no repouso (ECG), pois, segundo a Diretriz de Interpretação de ECG de Repouso (2003), trata-se do procedimento mais utilizado para auxiliar no diagnóstico das doenças cardíacas, e por ser considerado o padrão-ouro para o diagnóstico não invasivo das arritmias e distúrbios de condução.

Os resultados de ECG de repouso dessa investigação não demonstraram alterações ou diferenças de traçado eletrocardiográfico, entre normoxia e hipoxia, com significado patológico. Isso ocorreu, inclusive, nos casos de alterações manifestadas nos testes ergométricos, com posterior confirmação em exame complementar de cineangiocoronariografia.

Esses achados mostram que o ECG de repouso em hipoxia não foi sensível o suficiente para demonstrar alterações de traçado existentes e posteriormente observadas no TEN. Assim, pode-se dizer que o ECG em repouso em hipoxia não acrescentou benefícios adicionais aos existentes para a mesma avaliação em normoxia. Uma possível explicação para isso poderia residir na intensidade de hipoxia utilizada ($14\% \text{ O}_2 \approx 3250\text{m}$), que pode não ter sido suficiente para o aparecimento das alterações de traçado, posteriormente demonstradas nos testes ergométricos.

Sendo assim, sugere-se para próximas investigações que tenham o propósito de aumentar a sensibilidade do ECG de repouso por meio do uso da hipoxia (para o diagnóstico de possíveis casos de doença preexistente não detectável em normoxia), o aumento da intensidade de hipoxia para valores abaixo de $14\% \text{ O}_2$.

Os resultados do presente estudo permitem acrescentar que o ECG de repouso, mesmo em hipoxia ($14\% \text{ O}_2 \approx 3250\text{m}$), não se equipara à sensibilidade do teste ergométrico em ambas as situações – normoxia ou hipoxia. Acredita-se que isso possa ser atribuído ao pequeno valor quantitativo do débito cardíaco em repouso e da redistribuição do débito em hipóxia; com maior aporte sanguíneo aos órgãos mais importantes, como coração e cérebro, e consequentemente, com redução do trabalho cardíaco, conforme relatado na literatura (COSTA; CARREIRA, 2007).

No entanto, a constatação de que o ECG de repouso em hipoxia não aumenta a sensibilidade para detecção de alterações patológicas em relação à normoxia não é conclusiva, pois tal afirmação depende também do nível de severidade da doença. Provavelmente, situações de maior gravidade pudessem ser suficientes para proporcionar uma melhor

percepção da sensibilidade de forma comparativa. Resultados mais conclusivos poderiam ser evidenciados se tivesse sido possível a avaliação de pessoas com patologias assintomáticas. No entanto, tendo em vista as questões éticas, foi necessária a inclusão na metodologia de não submeter tais indivíduos aos procedimentos propostos no estudo, em função do estado do conhecimento vigente referente ao tema. Tal resultado tem importância para o planejamento de futuras metodologias de investigação.

Tomando como base os resultados do teste ergométrico, é importante destacar que a metodologia com uso da hipoxia ambiental não apresentou risco adicional à saúde de indivíduos sedentários saudáveis. Tal afirmação é possível ao constatar que 37 sujeitos do grupo dos sedentários apresentaram resultados normais, ou seja, ECG sem alterações ao comparar o TEN e o TEH. Todas as pessoas testadas em hipoxia concluíram o teste sem síncope ou sintomas adicionais de desconforto descritos para altitudes (BÄRTSCH; GIBBS, 2007).

Outro resultado que deve ser destacado é o de que o TEH não se constituiu em um artefato para produzir alterações no ECG, haja vista que os resultados evidenciados em normoxia com pessoas saudáveis foram reproduzidos sobre condições de hipoxia moderada. O mesmo aconteceu com os resultados de traçado de ECG alterado, ou seja, as alterações de traçados obtidas no TEN também foram observadas durante o TEH.

Por outro lado, o contrário não ocorreu. As 7 alterações de traçado no TEH do grupo de pessoas sedentárias (quadro 1) e 5 nos futebolistas seniores (quadro 2), que não foram observadas previamente no TEN, sugerem que a hipoxia pode favorecer o aparecimento de alterações do traçado eletrocardiográfico, o que poderia indicar uma resposta específica de adaptação aguda à hipoxia ou uma maior sensibilidade ao diagnóstico em caso de confirmação da doença.

Assim como nesse estudo, uma potencialização de alterações de traçado eletrocardiográfico na hipoxia, em condições normobárica, também foi reportada por Kassebaum et al. (1968). Os autores relataram ter obtido depressão significativa do segmento ST ($> 0,5$ mm), induzida em 26% das pessoas com doença arterial coronariana conhecida, submetidas à mistura de gases correspondente à altura de 10000 a 15000 pés (3050 a 4575m). Relatos similares são reportados em hipoxia hipobárica (COUSTET et al., 2015; HIGGINS; TUTTLE; HIGGINS, 2010; TUTTLEY et al., 2015).

As alterações de segmento ST são típicas das situações de isquemias miocárdicas, ou seja, de situações de fluxo sanguíneo reduzido, e, conseqüentemente, menor transporte de

oxigênio. Uma plausível explicação para o maior número de aparecimentos de infradesniveleamentos ST pode ser atribuída ao fato de que a hipoxia diminui a PaO_2 e o conteúdo de oxigênio a ser transportado pelo sangue aos órgãos e tecidos alvos. Assim, somam-se aos efeitos da redução de fluxo, por isquemia, os efeitos da hipoxia ambiental, podendo aumentar ainda mais o déficit de oxigênio do miocárdio e proporcionar o aparecimento das respostas de alteração eletrocardiográfica.

No presente estudo observou-se um caso de presença de extrassístoles no TEH, porém ausentes no TEN. Já em outro caso, as extrassístoles foram observadas tanto no TEN quanto no TEH, sendo que durante o TEH a alteração surgiu em menores cargas e, adicionalmente, de forma mais característica ou marcante. No sujeito 6B (Quadro 3), a extrassístole foi acompanhada de infradesniveleamento ST, o qual não havia sido detectado durante o TEN. No entanto, advertem os autores abaixo citados, para valorização das extrassístoles ventriculares polifocais, bigeminadas, trigeminadas, pois podem ter importante implicação prognóstica.

Estudos revelaram uma associação significativa entre extrassístoles ventriculares (EV) relacionadas ao exercício e mortalidade por doenças cardiovasculares. O risco relativo de morte por doença cardiovascular em quem apresenta EV durante ou imediatamente após o exercício tem sido mostrado na faixa de 1,5 a 3 vezes maior (FROLKIS et al., 2003; JOUVEN et al., 2000). O aumento da frequência de EV em alguns indivíduos em altitude, por conseguinte, pode ser associado a um risco aumentado de taquiarritmias ventriculares e morte súbita cardíaca.

No presente estudo se observa uma única alteração de onda T, ocorrida durante o TEH. Supostamente, assim como ocorreu no aparecimento de infradesniveleamento de ST, a hipoxia, aparentemente, pode interferir na repolarização ventricular, trazendo como consequência a potencialização do efeito, que se manifesta nas alterações de traçados de onda T. A inversão de onda T é mencionada, depois de episódios de isquemia clínica, como uma das alterações do eletro em situação de ambiente normal (ARO et al., 2012).

Para Wegner et al. (2009), depois de um episódio de isquemia clínica, alguns pacientes desenvolvem inversões de onda T $> 0,5$ mV em V1 a V4, e, ocasionalmente, em V5. As ondas T são frequentemente profundas e simétricas, com prolongamento do intervalo QT. Esse padrão de ECG é visto após a dor no peito, e há um "estado pós-isquêmica" sem características de elevação do segmento ST ou depressão. Ela estaria associada à estenose na descendente anterior proximal e iminente infarto agudo de parede anterior, mas também é visto em pacientes com hemorragia intracraniana e em algumas cardiomiopatias. Baseando-se

no quadro de alteração anteriormente descrito, as alterações de onda T em hipoxia seguem padrão similar ao observado na situação de doença, apesar de não ter sido caracterizado nestes achados.

Sinteticamente, os exemplos anteriores de alterações de traçado no TE descritas nesse estudo mostram uma tendência e especificidade de resposta do traçado em hipoxia, que precisa ser confirmada em outros casos e aprofundada em relação a sua compreensão e significado eletrocardiográfico. O fato de as alterações terem ocorrido somente no TEH, se comprovados indicativos de doença, pode significar uma sensibilidade aumentada para esse exame, que potencializaria o diagnóstico desses tipos de alterações observados nessa investigação.

Poderia se levantar a hipótese de que a exposição à hipoxia provocaria as alterações descritas de traçado eletrocardiográfico em pessoas aparentemente saudáveis. No entanto, essa hipótese é refutada em nosso estudo, considerando que, no total dos sujeitos avaliados, cinquenta e dois não apresentaram nenhuma alteração em normoxia e hipoxia. Esse resultado mostra que a exposição à hipóxia, por si só, não leva, necessariamente, a alterações do ECG, sendo um passo adicional importante e necessário à validação do teste. Em confirmação a esses achados, há relatos de pessoas e de grupos saudáveis em excursões a altitudes que não demonstraram alterações eletrocardiográficas em expedições em altitudes (WINDSOR et al., 2010; TUTTLE et al., 2015).

Contudo, as alterações de ECG em pessoas saudáveis foram observadas em altitudes extremas e atribuídas à resposta a hipoxia. Esses estudos não podem ser considerados como referência no âmbito do interesse dessa investigação, pois tratam de situações extremas, não são compatíveis com a vida, envolvendo um grupo diferente de jovens saudáveis.

O fato de nessa investigação ter havido pessoas sem resposta de alteração eletrocardiográfica em normoxia e hipoxia, e com alteração em normoxia que se repetiram em hipóxia, dão sustentação à ideia de que hipoxia não provoca alterações falsas positivas no traçado eletrocardiográfico.

Assim, acredita-se que as alterações eletrocardiográficas encontradas no TEH, sem correspondência no TEN, possam ter significado clínico. No entanto, o significado clínico não pode ser demonstrado conclusivamente por essa investigação.

6 CONCLUSÃO

O número de casos de pessoas aparentemente saudáveis que não apresentaram alterações do TEN e TEH permite afirmar que o exame em hipoxia é seguro a essas pessoas. Os casos de alteração no TEH, sem correspondência em TEN, sugerem que o TEH pode ser mais sensível para detectar alterações com possível indicativo patológico, principalmente referente a sinais de isquemia miocárdica e distúrbio de ritmo.

REFERÊNCIAS

- AGOSTONI, P. et al. Effects of simulated altitude-induced hypoxia on exercise capacity in patients with chronic heart failure. **The American Journal of Medicine**, v. 109, n. 6, p. 450-455, out. 2000.
- AINSLIE, P. N.; POULIN, M. J. Ventilatory, cerebrovascular, and cardiovascular interactions in acute hypoxia: regulation by carbon dioxide. **Journal of applied physiology** (Bethesda, Md. : 1985), v. 97, n. 1, p. 149-59, 1 jul. 2004.
- ALEXANDER, J. K. Coronary heart disease at altitude. **Texas Heart Institute Journal**, v. 21, n. 4, p. 261-266, 1994.
- ALLEN, W. H. et al. Five-year follow-up of maximal treadmill stress test in asymptomatic men and women. **Circulation**, v. 62, p. 522-527, 1980.
- BÄRTSCH, P.; GIBBS, J. S. R. Effect of altitude on the heart and the lungs. **Circulation**, v. 116, n. 19, p. 2191-2202, 2007.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **As dez principais causas de morte no mundo**, 2013. Disponível em: <<http://www.news.med.br/p/saude/367834/oms-divulga-as-dez-principais-causas-de-morte-no-mundo-de-2000-a-2011.htm>>. Acesso em: 5 nov. 2015.
- _____. Prevenção clínica de doenças cardiovasculares, cerebrovasculares e renais. **Cadernos de Atenção Básica**. n. 14 Brasília, DF, 2006. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/saude/2011/09/doencas-cardiovasculares-causam-quase-30-das-mortes-no-pais>>. Acesso em: 05 nov. 2015.
- _____. PORTAL BRASIL. **Doenças Cardiovasculares causam 30% das mortes no País**, 2011. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/saude/2011/09/doencas-cardiovasculares-causam-quase-30-das-mortes-no-pais#>>. Acesso em: 05 nov. 2015.
- _____. SECRETÁRIA DE ATENÇÃO À SAÚDE. **Diretrizes de Atenção à Reabilitação da Pessoa com Diretrizes de Atenção à Reabilitação da Pessoa com Acidente Vascular Cerebral**. 1. ed. Brasília, 2013.
- BRITO, F. S. de et al. II Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia Sobre Teste Ergométrico. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 78, n. 2, p. 01-17, 2002.
- CHAPMAN, R. F. Individual variation in response to altitude training. **J Appl Physiol**, Oct. 1998, v. 85, n.4, p. 1448-56.
- COSTA, R. V. C.; CARREIRA, M. A. M. Q. **Ergometria, ergoespirometria, cintilografia e ecocardiografia de esforço**. São Paulo: Atheneu, 2007.
- COUSTET, B. et al. Electrocardiographic Changes During Exercise in Acute Hypoxia and Susceptibility to Severe High-Altitude Illnesses. **Circulation**, v. 131, n. 9, p. 786-794, mar. 2015.

CROW, R. et al. The prognostic significance of ventricular ectopic beats among the apparently healthy. **American Heart Journal**, v. 101, n. 2, p. 244-248, fev. 1981.

DEHNERT, C.; BÄRTSCH, P. Can Patients with Coronary Heart Disease Go to High Altitude? **High Altitude Medicine & Biology**, v. 11, n. 3, p. 183-188, 1 out. 2010.

DONEGANI, E. et al. Pre-existing cardiovascular conditions and high altitude travel. Consensus statement of the Medical Commission of the Union Internationale des Associations d'Alpinisme (UIAA MedCom) Travel Medicine and Infectious Disease. **Travel medicine and infectious disease**, v. 12, n. 3, p. 237-52, jan. 2014.

FRIEDMANN, B. et al. Effects of acute moderate hypoxia on anaerobic capacity in endurance-trained runners. **European Journal of Applied Physiology**, v. 101, n. 1, p. 67-73, 2007.

FROLKIS, J. P. et al. Frequent ventricular ectopy after exercise as a predictor of death. **N Engl J Med**. Feb.2003, v.348, n.9, p. 781-90.

GELLER, C. A. **Efeitos do treinamento hipóxico intermitente sobre variáveis hematológicas e capacidade de performance**, 2005. 118f. Tese (Doutorado em Ciência do Movimento Humano) – Universidade Federal de Santa Maria, 2005.

GRAVINA, C. F. et al. II Diretrizes em cardiogeriatría da Sociedade Brasileira de Cardiologia. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 95, n. 3, supl 2, p. 1-112, 2010.

GUIMARÃES, J. I. et al. Diretriz de interpretação de eletrocardiograma de repouso. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 80, p. 1-18, 2003.

HARRIS, C. W.; HANSEN, J. E. Electrocardiographic changes during exposure to high altitude. **The American Journal of Cardiology**, v. 18, n. 2, p. 183-190, ago. 1966.

HARTLEY, H. Effects of high-altitude environment on the cardiovascular system of man. **JAMA**, v. 215, n. 2, p. 241-244, 1971.

HIGGINS, J. P.; TUTTLE, T.; HIGGINS, J. A. Altitude and the heart: is going high safe for your cardiac patient? **American heart journal**, v. 159, n. 1, p. 25-32, jan. 2010.

HOPPELER, H.; VOGT, M. Muscle tissue adaptations to hypoxia. **Journal of Experimental Biology**, v. 204, n. 18, p. 3133-3139, 15 set. 2001.

JASSAL, D. S. et al. Improvement of left ventricular diastolic function after alcohol septal ablation for obstructive hypertrophic cardiomyopathy? **European Heart Journal**, v. 27, p. 2902, 2006.

MAGALHÃES, J. et al. O desafio da altitude. Uma perspectiva fisiológica. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 2, p. 81-91, 2002.

MANDAL, A. Hypoxia Types. **News Medical**, 2013. Disponível em: <<http://www.news-medical.net/health/Hypoxia-Types.aspx>>. Acesso em: 02 dez. 2015.

- MANSUR, A. P.; FAVARATO, D. Mortalidade por doenças cardiovasculares no Brasil e na região metropolitana de São Paulo: atualização 2011. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 99, n. 2, p. 755-761, ago. 2012.
- MATHEUS, S. C. **Desempenho Físico em Altitude Simulada**. 2004. 146 f. Tese (Doutorado em Ciência do Movimento Humano) - Universidade Federal de Santa Maria, 2004.
- MENEGHELO, R. et al. III Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre teste ergométrico. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 95, n. 5, p. 1-26, 2010.
- MILANO, G. et al. Chronic and intermittent hypoxia induce different degrees of myocardial tolerance to hypoxia-induced dysfunction. **Experimental biology and medicine** (Maywood, N.J.), v. 227, n. 6, p. 389-397, jun. 2002.
- MORROW, D. A.; GERSH, B.J. Chronic coronary artery disease. In: LIBBY, P. et al. (eds.). **Braunwald's heart disease: a textbook of cardiovascular medicine**. 8th ed. Philadelphia: Elsevier Saunders. p. 1353-417, 2008.
- NEWS.MED.BR. OMS divulga as dez principais causas de morte no mundo de 2000 a 2011. HIGGINS, J. P.; TUTTLE, T.; HIGGINS, J. A. Altitude and the heart: is going high safe for your cardiac patient? **American heart journal**, v. 159, n. 1, p. 25-32, jan. 2010.
- NIERMEYER, S. Cardiopulmonary transition in the high altitude infant. **High Alt Med Biol**, v. 4, n. 2, p. 225-39, 2003.
- NOAKES, T. D. et al. Evidence that a central governor regulates exercise performance during acute hypoxia and hyperoxia. **Journal of Experimental Biology**, v. 204, n. 18, p. 3225-3234, 15 set. 2001.
- ORGANIZAÇÕES DAS NAÇÕES UNIDAS. **Novo relatório da OMS traz informações sobre estatísticas de saúde em todo o mundo**. 2011. Disponível em: <<http://nacoesunidas.org/novo-relatorio-da-oms-traz-informacoes-sobre-estatisticas-de-saude-em-todo-o-mundo/>>. Acesso em: 01 nov. 2015.
- PEÑALOZA, D.; ECHEVARRÍA, M. Electrocardiographic observations on ten subjects at sea level and during one year of residence at high altitudes. **American Heart Journal**, v. 54, n. 6, p. 811-822, dez. 1957.
- RIMOLDI, S. F. et al. High-altitude exposure in patients with cardiovascular disease: risk assessment and practical recommendations. **Progress in cardiovascular diseases**, v. 52, n. 6, p. 512-524, 2010.
- SALTIN, B. Effects of simulated altitude-induced hypoxia. **J Appl Physiol**, v.93, p.1498, 2002.
- SHATILO, V. B. et al. Effects of Intermittent Hypoxia Training on Exercise Performance, Hemodynamics, and Ventilation in Healthy Senior Men. **High Altitude Medicine & Biology**, v. 9, n. 1, p. 43-52, 1 mar. 2008.

SIMÃO, A. F. et al. I Cardiovascular Prevention Guideline of the Brazilian Society of Cardiology - Executive Summary. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 102, n. 5, p. 420-431, 2013.

THE FREE DICTIONARY. Hypoxia. **Medical Dictionary**, 2015. Disponível em: <<http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/hypoxia>>. Acesso em: 02 dez. 2015.

THEODORE, A. C. et al. Oxygenation and mechanisms of hypoxemia. **UpToDate**, 2016. Disponível em: <<http://www.uptodate.com/contents/oxygenation-and-mechanisms-of-hypoxemia?source=machineLearning&search=hipoxia&selectedTitle=1~150§ionRank=1&anchor=H9#H9>>. Acesso em: 16 fev. 2016

TUTTLE, T. M.S. et. al. High altitude, Air Travel, and Heart Disease. UPTODATE, last updated: Sep. 08, 2015.

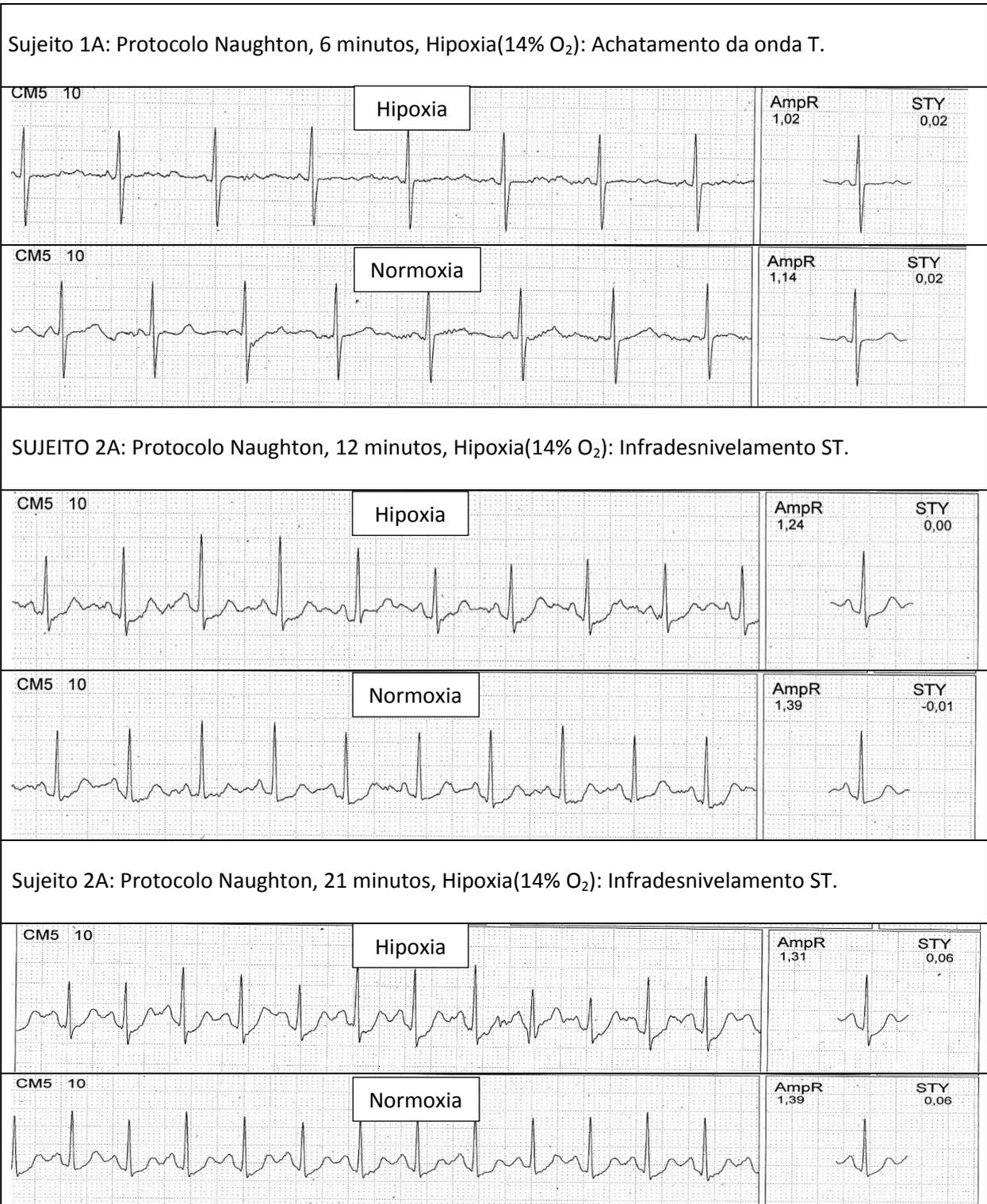
VOLPI, A. et al. Predictors of nonfatal reinfarction in survivors of myocardial infarction after thrombolysis. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 24, n. 3, p. 608-615, set. 1994.

WINDSOR, J. S. et al. A Review of Electrocardiography in the High Altitude Environment. **High Altitude Medicine & Biology**, v. 11, n. 1, p. 51-60, 31 mar. 2010.

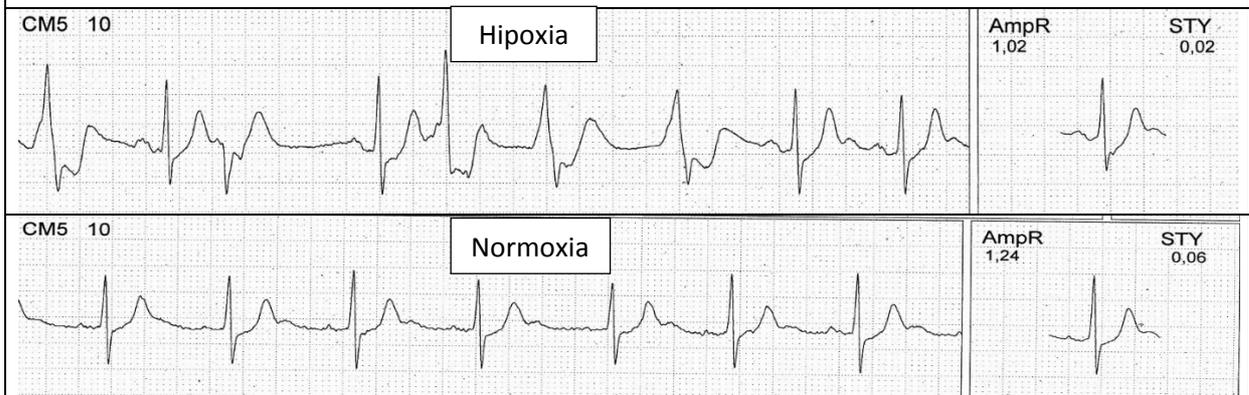
WYSS, C. A. et al. Influence of Altitude Exposure on Coronary Flow Reserve. **Circulation**, v. 108, n. 10, p. 1202-1207, 2003.

APÊNDICE A – TRAÇADO ELETORCARDIOGRÁFICO DE INDIVÍDUOS DO GRUPO 1 E DO GRUPO 2 DURANTE TESTE ERGOMÉTRICO EM NORMOXIA E HIPOXIA

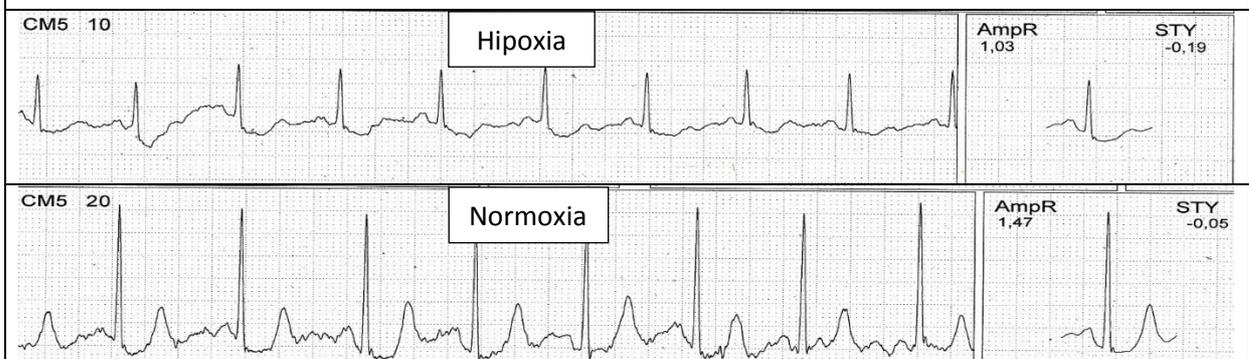
GRUPO 1



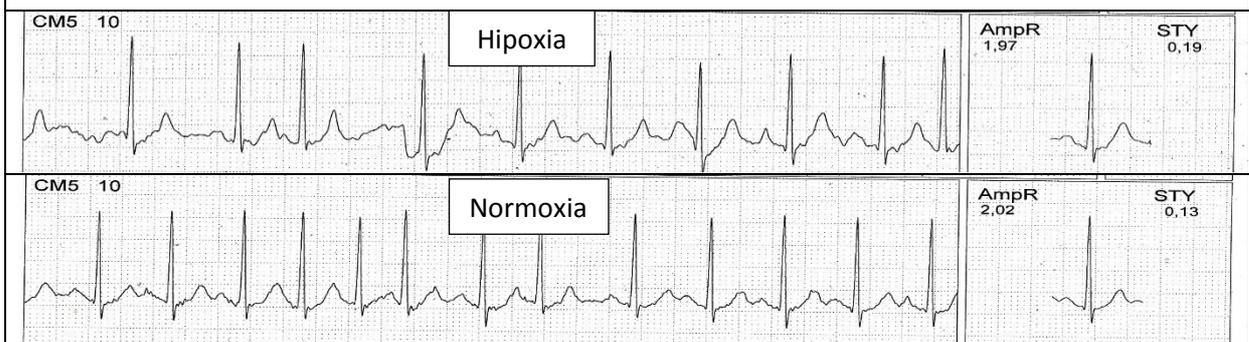
Sujeito 4A: Protocolo Bruce, Recuperação, Hipoxia (14% O₂): extrassístoles multifocais.



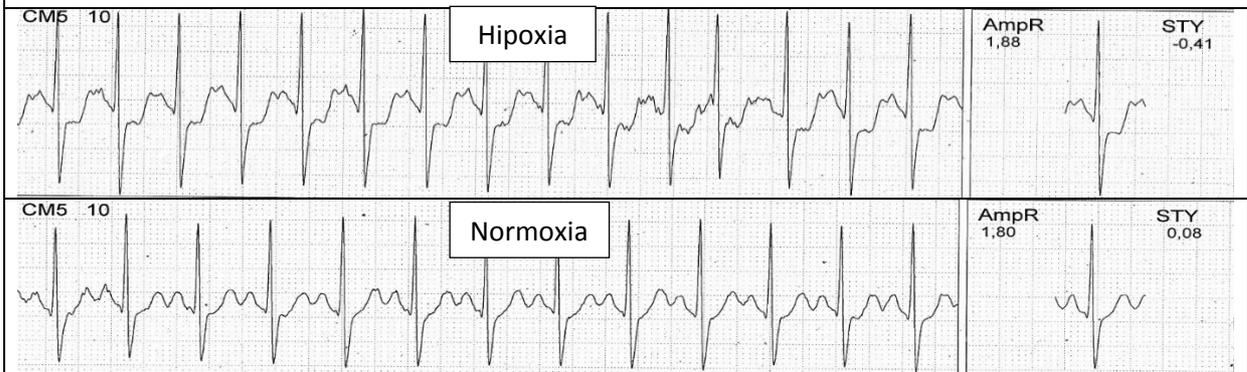
Sujeito 5A: Protocolo Naughton, 19 minutos, Hipoxia(14% O₂): Infradesnivelamento ST.



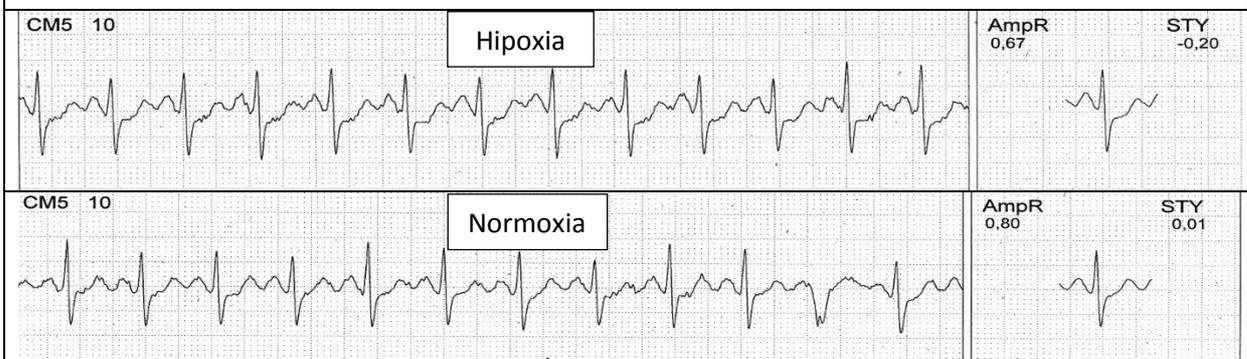
Sujeito 6A: Protocolo Naughton, Recuperação, Hipoxia(14% O₂): Extrassístole supra ventricular.



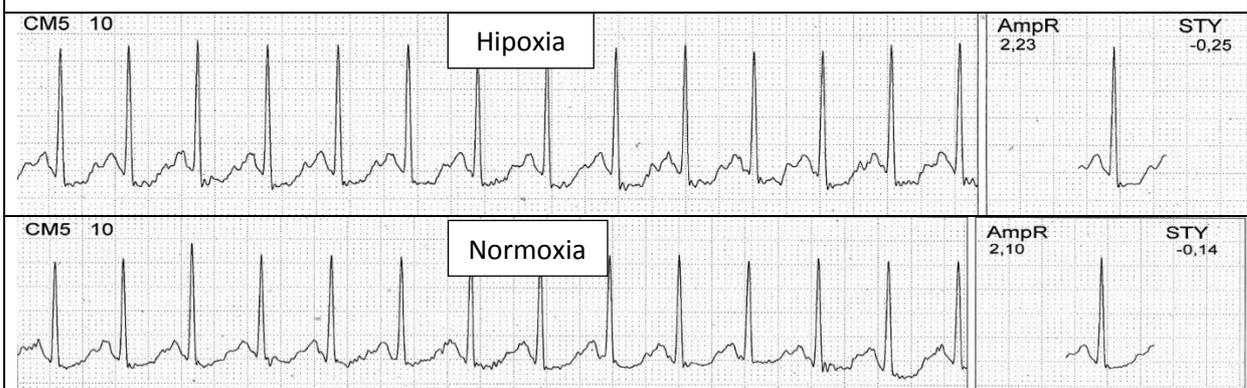
Sujeito 7A: Protocolo Bruce, 9 minutos, Hipoxia (14% O₂): Infradesnivelamento ST.



Sujeito 8A: Protocolo Bruce, 6 minutos, Hipoxia (14% O₂): Infradesnivelamento ST.

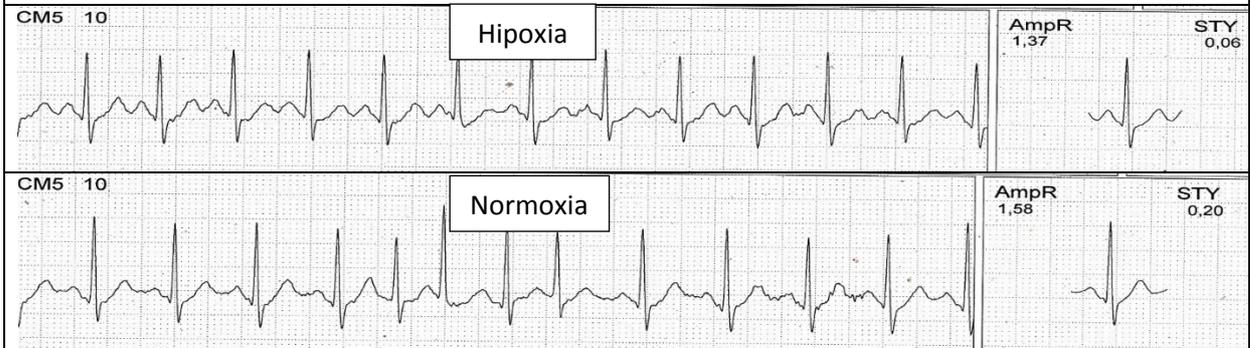


Sujeito 9A: Protocolo Bruce, 6 minutos, Hipoxia (14% O₂): Infradesnivelamento ST.

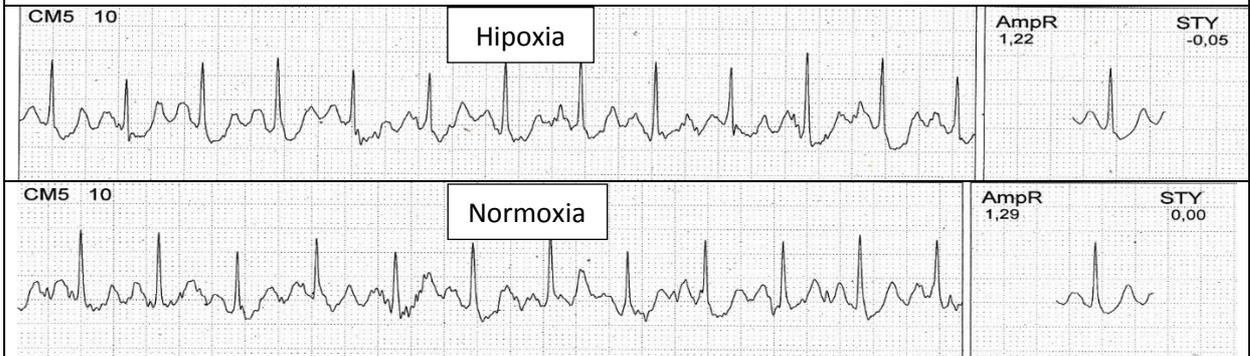


GRUPO 2

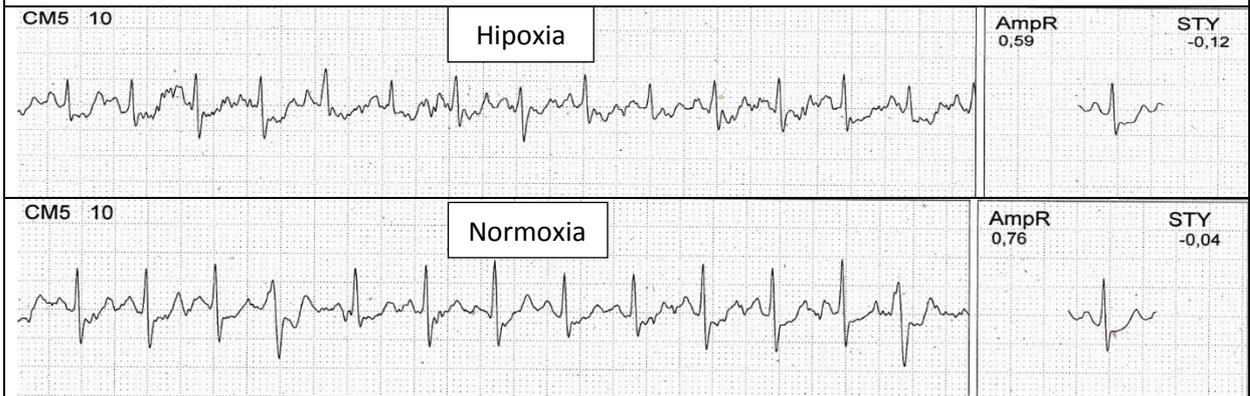
Sujeito 1B: : Protocolo Bruce, Recuperação, Hipoxia (14% O₂): Extrassístole ventricular.



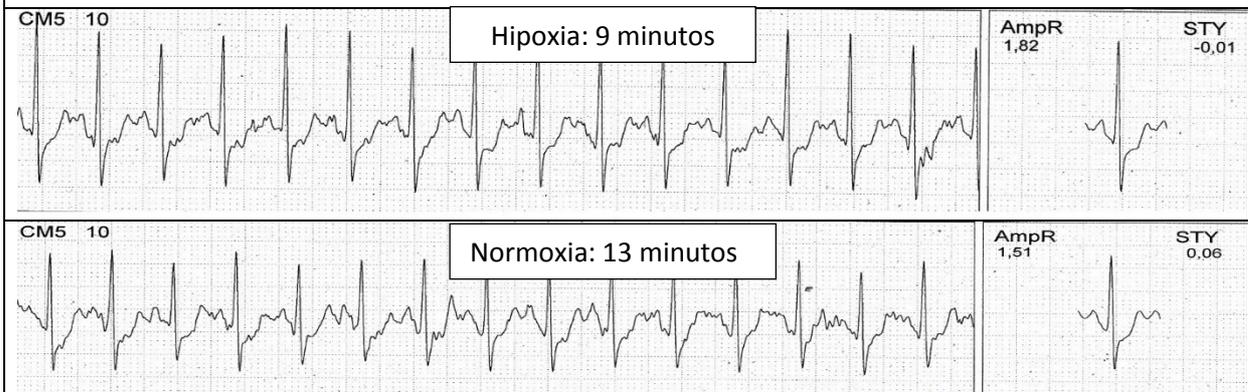
Sujeito 5B: Protocolo Bruce, 9 minutos, Hipoxia (14% O₂): Extrassístole ventricular e Infra desnivelamento ST



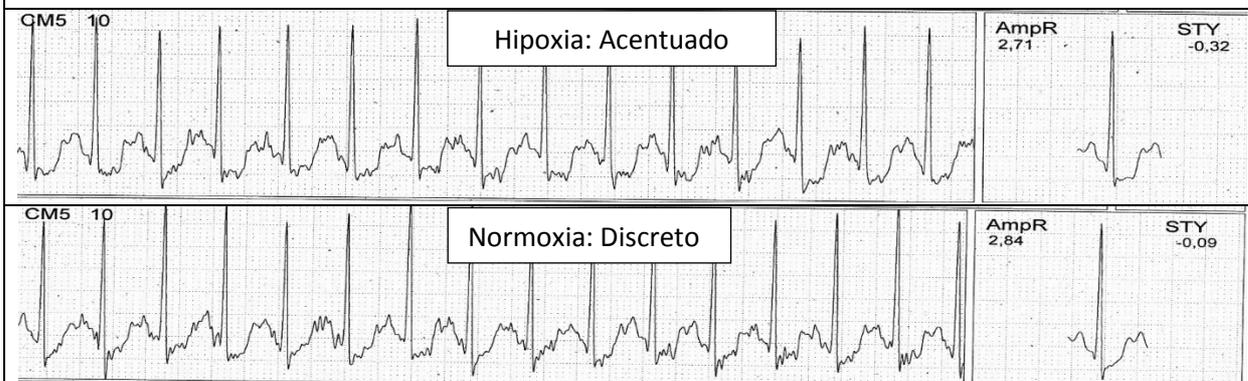
Sujeito 6B: Protocolo Bruce, 9 minutos, Hipoxia (14% O₂): Extrassístole ventricular e infradesnívelamento ST.



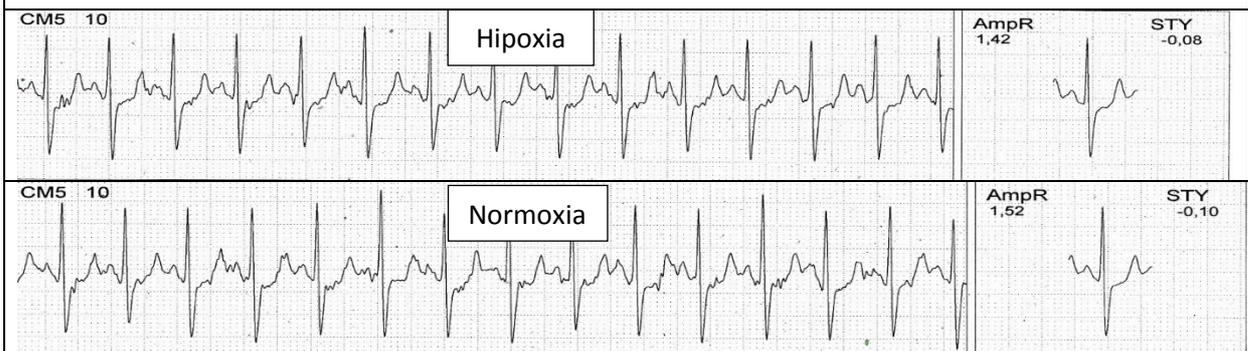
Sujeito 7B: : Protocolo Bruce, Hipoxia (14% O₂): infradesnivelamento ST.



Sujeito 8B: Protocolo Bruce, 10 minutos, Hipoxia (14% O₂): Infradesnivelamento ST.



Sujeito 9B: Protocolo Bruce, 10 minutos, Hipoxia (14% O₂): infradesnivelamento ST.



Sujeito 10B: Protocolo Bruce, 13 minutos, Hipoxia (14% O₂): infradesnivelamento ST.

