

# Manifestações Não Usuais de Isquemia no Teste Ergométrico: Sinais Acessórios que Vão Além das Alterações do Segmento ST

## *Unusual Presentations of Ischemia in Exercise Testing: Accessory Signs that Go Beyond ST segment changes*

Leonardo Filipe Benedeti Marinucci<sup>1</sup>, William Azem Chalela<sup>1</sup>

1. Instituto do Coração - InCor HCFMUSP, São Paulo, SP - Brasil

### Correspondência:

Leonardo Filipe Benedeti Marinucci  
Av. Dr. Enéas Carvalho de Aguiar, 44 -  
Cerqueira César. CEP 05403-90,  
São Paulo, SP - Brasil

[leofilipe96@gmail.com](mailto:leofilipe96@gmail.com)

Recebido em 18/08/2020

Aceito em 24/08/2020

DOI: <https://doi.org/10.29327/22487.26.3-10>

### Resumo

O teste ergométrico, apesar de ser um método de avaliação de isquemia miocárdica amplamente difundido e com vantagens conhecidas, recebe críticas quando sua acurácia é comparada a de outros métodos. O uso de sinais eletrocardiográficos acessórios, em conjunto com as clássicas alterações do segmento ST, é capaz de aprimorar esses índices, melhorando sua confiabilidade na detecção de isquemia. Nesse artigo revisaremos as manifestações não usuais de isquemia no teste ergométrico, com base nos principais estudos que investigaram o tema.

**Palavras-chave:** Teste Ergométrico; Isquemia; Sinais Eletrocardiográficos.

### Abstract

*Exercise testing, despite being a widely used method of assessing myocardial ischemia and with known advantages, receives criticism when its accuracy is compared to that of other methods. The use of accessory electrocardiographic signals, in conjunction with the classic changes in the ST segment, is able to improve these indices, improving their reliability in the detection of ischemia. In this article, we will review the unusual manifestations of ischemia in exercise testing, based on the main studies that investigated the topic.*

**Keywords:** Treadmill Test; Ischemia; Electrocardiographic Signs.

### Introdução

O teste ergométrico é um método de avaliação de isquemia miocárdica consagrado pela prática clínica nas últimas décadas; apesar de sua acurácia tida apenas como moderada na literatura (sensibilidade e especificidade médias de 67% e 71%, respectivamente),<sup>1</sup> sua ampla disponibilidade e baixo custo, associados à baixa incidência de complicações, às informações adicionais potencialmente obtíveis e à relativa fácil interpretação dos resultados, mesmo por indivíduos não especializados, o mantém como método de escolha em diversas circunstâncias. Nesse cenário, as alterações do segmento ST permanecem como prova documental

de isquemia esforço-induzida e determinam os critérios de positividade do teste ergométrico universalmente conhecidos. Entretanto, existem diversas alterações no eletrocardiograma, não relacionadas ao segmento ST, que são preditoras de isquemia miocárdica e que atuam como sinais acessórios na interpretação do exame, podendo não só reforçar a hipótese de isquemia obtida através dos critérios de positividade clássicos, mas principalmente sugerir-la quando há dúvidas ou até mesmo quando o segmento ST não é interpretável. Desconhecidas por muitos dos profissionais que venham a ter algum contato com a eletrocardiografia de esforço, as manifestações não usuais de isquemia podem, em

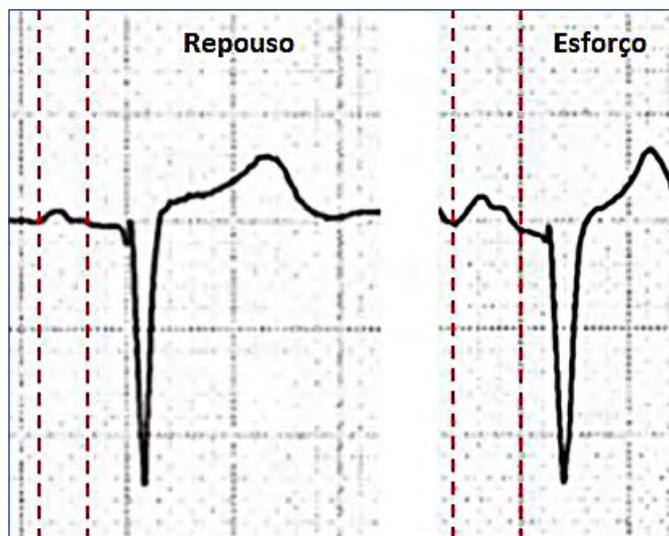
conjunto com a avaliação do segmento ST, aumentar a acurácia diagnóstica do teste ergométrico.<sup>2</sup>

### Aumento da duração da onda P

Durante o exercício, um aumento discreto na amplitude da onda P é considerado normal, e é observado principalmente nas derivações inferiores.<sup>3</sup> Já em pacientes com isquemia esforço-induzida, alterações do relaxamento ventricular podem causar uma elevação na pressão atrial esquerda, fenômeno que pode ser reconhecido por alterações de maior magnitude na duração das ondas P, ou por mudanças não observadas em indivíduos sem isquemia, como o aumento da negatividade da fase minus em V1.<sup>3</sup> Seguindo essa lógica, alguns estudos tentaram estabelecer valores de corte para o aumento da duração das ondas P a partir dos quais a correlação com isquemia seria mais provável. Um estudo que incluiu 122 pacientes correlacionando as alterações observadas no teste ergométrico com achados de angiografia coronariana, observou um aumento médio da duração das ondas P maior no grupo de pacientes com DAC em relação ao grupo controle, medido em V5 e V6; ao estabelecer um valor de corte de 20ms e utilizá-lo como parâmetro adicional às alterações do segmento ST na interpretação do exame, a sensibilidade aumentou de 57% para 75%, com redução da especificidade de 85% para 77%.<sup>4</sup> Uma coorte retrospectiva que comparou a variação na duração da onda P (medida em DII e V5 no primeiro minuto da recuperação e no repouso) com imagens de cintilografia miocárdica, mostrou que um valor de corte de 20ms para essa variável tem sensibilidade de 72%, especificidade de 82%, valor preditivo negativo de 90% e valor preditivo positivo de 57% para defeitos perfusionais na imagem; quando combinadas às alterações do segmento ST, a sensibilidade do exame aumentou para 79% e o valor preditivo negativo para 91%.<sup>5</sup> Dessa maneira, ao adotar o aumento da duração da onda P como critério adicional à análise do segmento ST, com um valor de corte de 20ms, observa-se um ganho adicional de sensibilidade para detecção de isquemia.

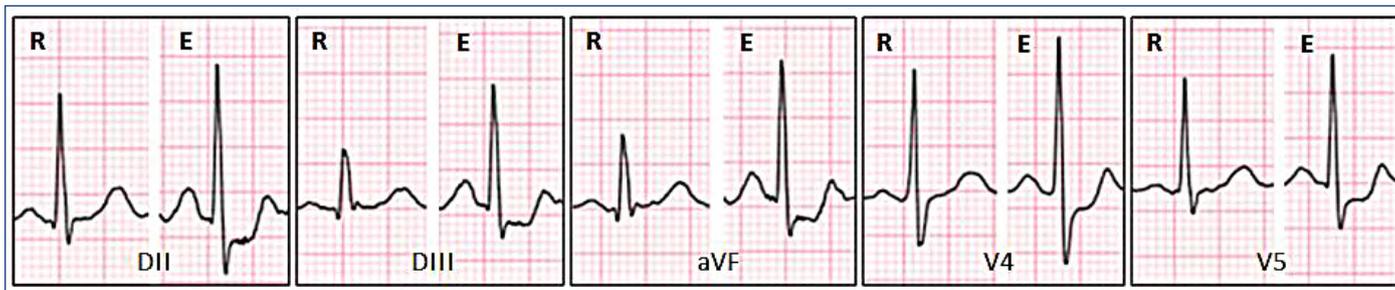
### Aumento da amplitude da onda R

O comportamento da onda R é considerado normal quando ocorre diminuição da sua amplitude durante os níveis máximos de esforço. Os coronariopatas mantêm a mesma amplitude mais comumente, ou apresentam



**Figura 1** - Eletrocardiograma ampliado mostrando o aumento significativo na duração da onda P durante o esforço, em relação ao repouso, em paciente com doença arterial coronariana (DAC).

um incremento da mesma; já a diminuição da amplitude da onda R está fortemente associada a angiogramas coronarianos normais.<sup>6</sup> A fisiopatologia do aumento da amplitude da onda R ao esforço é incerta, mas hipóteses relacionando-a ao aumento dos volumes cardíacos são aceitas.<sup>6,7</sup> Além disso, a amplitude da onda R durante o esforço parece ter relação com a função ventricular esquerda, e anormalidades contráteis secundárias à isquemia determinariam as alterações descritas. Isso foi demonstrado em um estudo que incluiu 89 pacientes submetidos ao teste ergométrico e à angiografia coronariana. Dos 45 pacientes com coronárias normais, 91% apresentaram diminuição da onda R no pós-esforço imediato; dos três pacientes que apresentaram aumento da onda R nesse grupo, dois tinham ventriculografia esquerda anormal. Já dos 44 pacientes com DAC, 59% apresentaram aumento da onda R; os 18 pacientes com DAC que apresentaram comportamento fisiológico da onda R tinham doença obstrutiva menos severa e ventriculografia normal ou minimamente alterada.<sup>6</sup> De maneira semelhante, outro estudo observou em 14 indivíduos sem coronariopatia uma diminuição máxima da amplitude da onda R no primeiro minuto pós-exercício, com retorno aos valores basais dentro dos primeiros três minutos de recuperação; já nos 62 pacientes com DAC documentada, houve aumento da amplitude da onda R com o esforço, com os maiores valores observados nos pacientes com padrão de doença



**Figura 2** - Complexos QRS ampliados mostrando o aumento significativo na amplitude da onda R durante o esforço (E) em relação ao repouso (R), em diferentes derivações, em paciente com alterações isquêmicas do segmento ST.

triarterial ou acometimento de tronco de coronária esquerda, ou com áreas acinéticas à ventriculografia, e as alterações permaneceram em média até os cinco minutos da recuperação.<sup>8</sup> Em uma análise retrospectiva de 76 pacientes pós-infarto do miocárdio, foi observado aumento da amplitude da onda R durante o exercício, significativamente diferente da redução de sua amplitude observada nos 40 indivíduos com coronárias normais; além disso, a extensão do infarto, em número de segmentos acinéticos à ventriculografia esquerda, teve relação diretamente proporcional ao valor do aumento da amplitude da onda R.<sup>9</sup> Conclui-se que o aumento da onda R durante o esforço está relacionado não só aos estreitamentos coronarianos mais severos, mas também à disfunção ventricular esquerda, podendo auxiliar na identificação desse perfil de pacientes durante a realização do teste ergométrico.

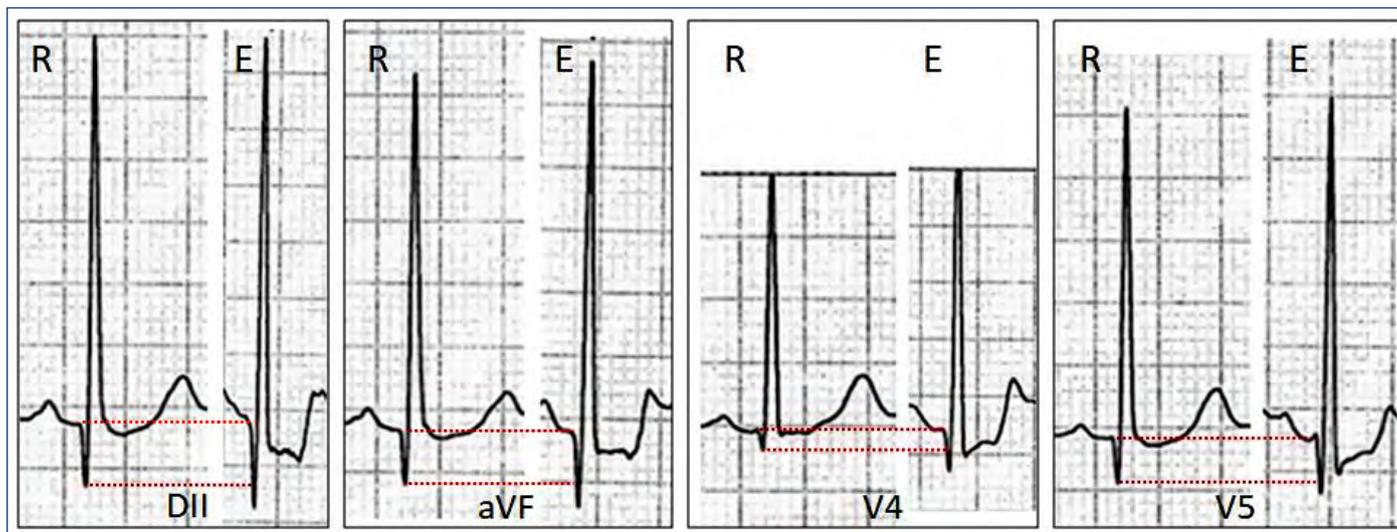
### Diminuição da amplitude da onda Q

Assim como foi demonstrado para o aumento da amplitude da onda R, o comportamento fisiológico da onda Q durante o esforço, quando presente, sugere ausência de coronariopatia ou doença cardíaca estrutural.<sup>10</sup> A baixa voltagem da onda Q, bem como a ausência de aumento ao esforço, podem estar relacionadas a anormalidades da ativação septal, refletindo alterações contráteis secundárias à isquemia.<sup>11</sup> Um estudo que comparou a amplitude da onda Q no repouso e imediatamente após o esforço, mensurada na derivação CM5, em 50 pacientes com DAC e 50 sem DAC, observou ondas Q menores em pacientes coronariopatas, tanto no repouso quanto no pós-exercício. Além disso, o aumento da amplitude da onda Q no exercício identificou uma resposta falso-positiva do segmento ST em 75% dos casos, e de modo inverso, quando a depressão do segmento ST era acompanhada da ausência de onda Q, essa

variável identificou uma resposta verdadeiro-positiva em 100% dos casos.<sup>11</sup> Em outro trabalho, que incluiu 156 pacientes, dos quais 127 apresentavam doença coronariana à angiografia, foram observados resultados semelhantes: a amplitude da onda Q ao repouso foi maior nos indivíduos sem doença coronariana, nos quais houve aumento da mesma durante o esforço, ao contrário do ocorrido no grupo de pacientes com DAC. Quando tanto o comportamento da onda Q quanto o do segmento ST foram anormais, a doença coronariana foi presumida com um acurácia de 91%.<sup>12</sup> Portanto, conclui-se que as alterações na amplitude da onda Q podem melhorar a precisão do teste ergométrico na predição de doença arterial coronariana obstrutiva.

### Aumento da duração da onda S

A isquemia miocárdica é capaz de reduzir a velocidade de condução do impulso cardíaco, podendo se manifestar através do aumento da duração do complexo QRS no eletrocardiograma. No contexto do bloqueio de ramo direito ou do bloqueio divisional anterossuperior esquerdo, a maior parte do suprimento sanguíneo para as áreas de miocárdio responsáveis pela inscrição da onda S é proveniente da artéria descendente anterior. Baseado nesses conceitos, um estudo que incluiu 190 pacientes, 88 sem distúrbios de condução, 66 com BDAS e 36 com BRD, avaliou a hipótese de que o aumento da duração da onda S durante o esforço somente seria observada nos pacientes com lesão obstrutiva na artéria descendente anterior e algum dos bloqueios citados; de fato, o prolongamento significativo ocorreu somente nesse perfil de pacientes, com uma média de 12,5ms e 10,4ms de aumento, nos indivíduos com BDAS e BRD, respectivamente.<sup>13</sup> Apesar de sua aplicabilidade bastante específica e evidência limitada, o racional



**Figura 3** - Eletrocardiograma ampliado de paciente submetido ao teste ergométrico, ao repouso (R) e no pós-exercício imediato (E). Observa-se o aumento da amplitude da onda Q em todas as derivações onde está presente, atestando a normalidade do exame mesmo diante de alterações do segmento ST potencialmente duvidosas.

por trás desse conceito é algo interessante e que pode auxiliar no diagnóstico em situações duvidosas.

### Bloqueios fasciculares do ramo esquerdo

Os distúrbios transitórios da condução intraventricular durante o teste ergométrico são achados pouco frequentes que podem estar associados à isquemia miocárdica, principalmente quando acompanhados de angina e alterações isquêmicas do segmento ST.<sup>14</sup> Os bloqueios divisionais do ramo esquerdo em especial, quando surgem durante o esforço, tem alta correlação com isquemia secundária a lesões obstrutivas em artéria descendente anterior em seu terço mais proximal, fato observado em inúmeros relatos de caso na literatura, que inclusive documentam, em sua maioria, a reversibilidade dessa alteração eletrocardiográfica após tratamento intervencionista da obstrução.<sup>15,16,17,18</sup> A vascularização da divisão anterossuperior do ramo esquerdo, essencialmente oriunda de ramos perfurantes da artéria descendente anterior,<sup>19</sup> pode justificar esses achados. Em um estudo com 325 pacientes na fase aguda do infarto do miocárdio, 11,3% desenvolveram um ou mais distúrbios de condução intraventricular, sendo o BDAS o mais comum, e estando mais comumente associado ao infarto de localização anterior.<sup>19</sup> Um estudo prospectivo que correlacionou desvios do eixo do complexo QRS à esquerda com achados angiográficos em 66 pacientes com alterações do segmento ST no teste ergométrico,

identificou uma sensibilidade de 23% e especificidade de 100% da alteração eletrocardiográfica para presença de lesões  $\geq 70\%$  em artéria descendente anterior; na maioria deles a lesão obstrutiva estava localizada antes da emergência do primeiro ramo perfurante septal.<sup>20</sup> Assim, os bloqueios fasciculares do ramo esquerdo induzidos pelo exercício são uma alteração raramente observada no teste ergométrico, porém com elevada especificidade para detecção de isquemia miocárdica relacionada a lesões obstrutivas em artéria descendente anterior proximal.

### Aumento da amplitude da onda T

À semelhança de outras alterações eletrocardiográficas descritas, o aumento da amplitude da onda T ao esforço é um achado que ocorre apenas ocasionalmente, porém, quando presente, apresenta alta correlação com isquemia miocárdica. Seu fundamento fisiopatológico é incerto, porém teorias sobre a repolarização precoce de células agudamente isquêmicas, mediada pela saída de potássio do intracelular através da membrana danificada alterando o potencial de repouso e encurtando a duração do potencial de ação são mais aceitas.<sup>21</sup> Um estudo retrospectivo com 260 pacientes observou, para um valor de aumento  $\geq 2,5$  mm na derivação V2, uma especificidade de 95% para presença de lesões coronarianas  $\geq 70\%$ .<sup>22</sup> Assim, o "apiculamento" da onda T é um fenômeno raro que pode auxiliar no diagnóstico dos

poucos pacientes que desenvolvem essa anormalidade durante o teste ergométrico, principalmente na ausência de depressão do segmento ST.

### **Dispersão do intervalo QT**

A diferença obtida entre o maior e o menor valor do intervalo QT corrigido (QTc) no eletrocardiograma de 12 derivações, mensurados em dois momentos distintos no tempo, é denominada dispersão do intervalo QT (dQTc). É um marcador de heterogeneidade da repolarização ventricular, e evidências tem associado a isquemia miocárdica transitória ao aumento da dQTc,<sup>23</sup> tornando essa variável potencialmente útil na interpretação do teste ergométrico. A dificuldade de mensurar o intervalo QTc, principalmente em elevadas frequências cardíacas, e a falta de uniformidade no método de quantificação do mesmo, são fatores limitantes para sua aplicabilidade prática. Uma coorte retrospectiva brasileira com 63 pacientes submetidos ao teste ergométrico e à angiografia coronariana observou diferença significativa entre os valores de dQTc nos pacientes com estenose  $\geq 70\%$  em coronária epicárdica, quando comparados aos indivíduos sem lesões obstrutivas por esse critério angiográfico.<sup>23</sup> Em uma investigação com desenho semelhante, realizada em um grupo de 64 mulheres, e considerando-se a dispersão de QT maior que 60ms como indicativa de isquemia miocárdica por DAC, a sensibilidade foi de 70% e a especificidade de 95%. Nessa mesma população, a presença de depressão do segmento ST  $> 1,0$  mm mostrou sensibilidade de 55% e uma especificidade de 63%, e quando o critério de dQTC foi adicionado à depressão do segmento ST como condição de positividade, a especificidade chegou a 100%.<sup>24</sup> Dessa maneira, apesar do número limitado de estudos e da quantidade pequena de pacientes incluídos, a dQTc mostrou-se uma variável capaz de elevar a acurácia na interpretação do teste ergométrico.

### **Inversão da onda U**

As alterações da onda U durante o esforço são um fenômeno de ocorrência rara e cuja detecção é dificultada pelo seu desaparecimento, que normalmente acompanha o aumento da frequência cardíaca. Sua inversão em particular, quando observada, indica presença de doença coronariana significativa com elevada especificidade, em especial lesões de tronco de coronária esquerda e artéria descendente anterior proximal.<sup>25</sup> A tendência de

afastamento do vetor da onda U de áreas acinéticas/discinéticas,<sup>26</sup> bem como anormalidades envolvendo os músculos papilares,<sup>27</sup> são explicações plausíveis para essa associação encontradas na literatura. Um estudo que selecionou 60 pacientes com lesão uniarterial de artéria descendente anterior observou a inversão de onda U durante o esforço em 27% deles, confirmando a baixa sensibilidade dessa alteração. De maneira interessante, os pesquisadores encontraram anormalidades do segmento ST concomitantes em 94% desse grupo, contra 61% nos pacientes que não apresentaram inversão da onda U, sugerindo que, apesar de sua alta correlação com isquemia no território de descendente anterior, esse achado eletrocardiográfico não teria significância isoladamente, dada sua estreita relação com alterações do segmento ST.<sup>28</sup>

### **Conclusão**

O conhecimento das manifestações eletrocardiográficas não usuais de isquemia no teste ergométrico pode auxiliar na elucidação de dúvidas e desmascarar alterações quando a análise do segmento ST por si só é não diagnóstica, elevando a acurácia na interpretação do exame.

### **Potencial Conflito de Interesse**

Os autores declaram não haver potenciais conflitos de interesse.

### **Fontes de Financiamento**

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

## Referências:

- Meneghelo RS, Araújo CGS, Stein R, Mastrocolla LE, Albuquerque PF, Serra SM et al. Sociedade Brasileira de Cardiologia. III Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre Teste Ergométrico. *Arq Bras Cardiol*. 2010; 95 (5 supl. 1): 1-26. <https://doi.org/10.1590/S0066-782X2010000800001>.
- Fletcher G, Ades PA, Kligfield P, Arena R, Balady GJ, Bittner VA et al. Exercise Standards for Testing and Training. A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*. 2013; 128 (8): 873-974. <https://doi.org/10.1161/cir.0b013e31829b5b44>.
- Uchida A, Neto A, Chalela W. *Ergometria: Teoria e Prática*, volume 3. Manole, 2013.
- Myrianthefs M, Ellestad M, Startt-Selvester R, Crump R. Significance of Signal-Averaged P-Wave Changes During Exercise in Patients with Coronary Artery Disease and Correlation with Angiographic Findings. *Am J Cardiol*. 1991; 68 (17): 1619-24. [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(91\)90319-G](https://doi.org/10.1016/0002-9149(91)90319-G).
- Maganis JC, Gupta B, Gamie SH, LaBarbera JJ, Startt-Selvester RH, Ellestad MH. Usefulness of P-Wave Duration to Identify Myocardial Ischemia During Exercise Testing. *Am J Cardiol*. 2010; 105 (10): 1365-70. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2009.12.060>.
- Bonoris PE, Greenberg PS, Castellanel MJ, Ellestad MH. Significance of Changes in R Wave Amplitude During Treadmill Stress Testing: Angiographic Correlation. *Am Coll Cardiol*. 1978; 41 (5): 846-851. [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(78\)90723-3](https://doi.org/10.1016/0002-9149(78)90723-3).
- He J, Kinouchi EY, Yamaguchi H, Miyamoto H. Exercise-Induced Changes in R Wave Amplitude and Heart Rate in Normal Subjects. *J Electrocardiol*. 1995; 28 (2): 99-106. [https://doi.org/10.1016/S0022-0736\(05\)80280-8](https://doi.org/10.1016/S0022-0736(05)80280-8).
- Baron DW, Ilsley C, Sheiban I, Poole-Wilson PA, Rickards AF. R Wave Amplitude During Exercise. Relation To Left Ventricular Function And Coronary Artery Disease. *Br Heart J*. 1980; 44 (5) 512-17. <https://dx.doi.org/10.1136/hrt.44.5.512>.
- De Hert S et al. Diagnostic Value of R Wave Amplitude Changes During Exercise Testing After Myocardial Infarction. *Eur Heart J*. 1986; 7 (9): 760-4. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.eurheartj.a062137>.
- Chalela WA, Fukushima RB, Araujo F, Lima ACP, Moffa PJ, Mansur AJ. Treadmill Exercise Testing of Asymptomatic Men and Women Without Evidence of Heart Disease. *Braz J Med Biol Res*. 2009; 42 (12): 1230-35. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-879X2009007500005>.
- Morales-Ballejo H, Greenberg PS, Ellestad MH, Bible M. Septal Q Wave in Exercise Testing: Angiographic Correlation. *Am J Cardiol*. 1981; 48 (2): 247-51. [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(81\)90603-2](https://doi.org/10.1016/0002-9149(81)90603-2).
- O'Hara M, Subramanian VB, Davies AB, Rafferty EB. Changes Of Q Wave Amplitude During Exercise For The Prediction Of Coronary Artery Disease. *Intern J Cardiol*. 1984; 6 (1): 35-45. [https://doi.org/10.1016/0167-5273\(84\)90244-4](https://doi.org/10.1016/0167-5273(84)90244-4).
- Michaelides A, Boudolas H, Vyssoulis GP, Skouros C, Toutouzas PK. Exercise-Induced S-Wave Prolongation In Left Anterior Descending Coronary Artery Stenosis. *Am J Cardiol*. 1992; 70 (18): 1407-11. [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(92\)90290-F](https://doi.org/10.1016/0002-9149(92)90290-F).
- Boran KJ, Oliveros RA, Boucher CA, Beckmann CH, Seaworth JF. Ischemia-Associated Intraventricular Conduction Disturbances During Exercise Testing as a Predictor of Proximal Left Anterior Descending Coronary Artery Disease. *Am J Cardiol*. 1983; 51 (7): 1098-102. [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(83\)90352-1](https://doi.org/10.1016/0002-9149(83)90352-1).
- Uchida A, Moffa PJ, Riera ARP, Ferreira BMA. Exercise-Induced Left Septal Fascicular Block: an Expression of Severe Myocardial Ischemia. *Indian Pac Electrophysiol J*. 2006; 6 (2): 135-8.
- Esteban E, Soriano FR, Herrero JVV, Dorador AQ, Hernández JAR, Domingo EP et al. Transitory Left Deviation in the Electrical Axis of QRS During an Exercise Test as a Manifestation of a Severe Proximal Lesion of the Descending Anterior Artery. *Rev Esp Cardiol*. 1997; 50 (7): 535-8. [https://doi.org/10.1016/s0300-8932\(97\)73259-7](https://doi.org/10.1016/s0300-8932(97)73259-7).
- Chandrashekar Y, Kalita HC, Anand IS. Left Anterior Fascicular Block: an Ischaemic Response During Treadmill Testing. *Brit Heart J*. 1990; 65 (1): 51-2. <https://doi.org/10.1136/hrt.65.1.51>.
- Malaterre H, Letallec L, Thomas P, Moustagfir A, Djiane P. Left Anterior Hemiblock Induced By Exertion, Caused By Diagonal Arterial Stenosis: Apropos of a Case. *Arch Mal Coeur Vaiss*. 1995; 88 (6): 907-9.
- Basualdo CAE, Haraphonge M, Rossall RE. Intraventricular Blocks in Acute Myocardial Infarction. *Chest*. 1975; 67 (1): 75-8. <https://doi.org/10.1378/chest.67.1.75>.
- Shiran A, Halon DA, Merdler A, Makhoul N, Khader N, Ben-David J, Lewis BS. Accuracy of Exercise-Induced Left Axis QRS Deviation as a Specific Marker of Left Anterior Descending Coronary Artery Disease. *Cardiology*. 1998; 89 (4): 297-302. <https://doi.org/10.1159/00006802>.
- Goldberg AL. Hyperacute T Waves Revisited. *Am Heart J*. 1982; 104 (4 Pt 1): 888-90. [https://doi.org/10.1016/0002-8703\(82\)90038-2](https://doi.org/10.1016/0002-8703(82)90038-2).
- Lee JH, Crump R, Ellestad MH. Significance of Precordial T-Wave Increase During Treadmill Stress Testing. *Am J Cardiol*. 1995; 76 (17): 1297-9. [https://doi.org/10.1016/S0002-9149\(99\)80359-2](https://doi.org/10.1016/S0002-9149(99)80359-2).
- Barcelos AM, Baldo MP, Rodrigues SL, Mill JG. QT Interval Dispersion Behavior in Patients With and Without Obstructive Coronary Artery Disease Undergoing Exercise Test. *Intern J Cardiovasc Sci*. 2020 (Epub Feb 03); 33 (3). <https://doi.org/10.36660/ijcs.201810681>.
- Stoletniy LN, Pai RG. Value of QT Dispersion in the Interpretation of Exercise Stress Test in Women. *Circulation*. 1997; 96 (3): 904-10. <https://doi.org/10.1161/01.cir.96.3.904>.
- Gerson MC, Philips JF, Morris SN, McHenry PL. Exercise-induced U-wave Inversion as a Marker of Stenosis of the Left Anterior Descending Coronary Artery. *Circulation*. 1979; 60 (5): 1014-20. <https://doi.org/10.1161/01.cir.60.5.1014>.
- Kishida H, Cole JS, Surawicz B. Negative U Wave: a Highly Specific But Poorly Understood Sign of Heart Disease. *Am J Cardiol*. 1982; 49 (8): 2030-6. [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(82\)90225-9](https://doi.org/10.1016/0002-9149(82)90225-9).
- Bufalari A, Furbetta D, Santucci F, Solinas P. Abnormality of the U Wave and of the T-U Segment of the Electrocardiogram The Syndrome of the Papillary Muscles. *Circulation*. 1956; 14 (6): 1129-37. <https://doi.org/10.1161/01.cir.14.6.1129>.
- Kodama K, Hiasa G, Ohtsuka T, Ikeda S, Hashida H, Kuwahara T et al. Transient U Wave Inversion During Treadmill Exercise Testing in Patients with Left Anterior Descending Coronary Artery Disease. *Angiology*. 2000; 51 (7): 581-9. <https://doi.org/10.1177/000331970005100706>.