

Preditores de anormalidades do sistema de condução cardíaco e necessidade de marcapasso definitivo após implante por cateter de bioprótese valvar aórtica (*Transcatheter Aortic Valve Implantation – TAVI*)

Predictors of cardiac conduction system abnormalities and permanent pacemaker indications after Transcatheter Aortic Valve Implantation (TAVI)

Gustavo Galli Reis¹, José Carlos Pachón-Mateos², Amanda Guerra de Moraes Rego Sousa³, José de Ribamar Costa Junior⁴, José Eduardo Moraes Rego Sousa⁵, Juan Carlos Pachón Mateos⁶, Auristela Isabel de Oliveira Ramos⁷, Remy Nelson Albornoz Vargas⁸

Resumo: O implante por cateter de bioprótese valvar aórtica (do inglês *Transcatheter Aortic Valve Implantation – TAVI*) vem ganhando espaço e configura-se como opção terapêutica para pacientes com estenose aórtica grave sintomática e risco cirúrgico elevado ou proibitivo. Apesar da menor manipulação e da menor agressividade comparativamente à abordagem cirúrgica tradicional, a incidência de bloqueio atrioventricular avançado é expressiva e resulta em aproximadamente 30% de implantes de marcapasso cardíaco definitivo. A identificação de fatores clínicos, eletrocardiográficos, anatômicos e relacionados ao tipo de prótese ou à técnica de liberação do dispositivo é fundamental para o desenvolvimento de novas técnicas e materiais, visando a reduzir a taxa de bloqueio atrioventricular avançado após o procedimento de TAVI. Os preditores mais relevantes analisados foram: bloqueio de ramo direito prévio, tipo de prótese (autoexpansível vs. balão expansível), profundidade do implante sobre a via de saída do ventrículo esquerdo, expansão excessiva da prótese, bloqueio atrioventricular total intraprocedimento, bloqueio atrioventricular de 1º grau ao eletrocardiograma de base e sexo masculino.

Descritores: Implante de Prótese; Implante de Prótese de Valva Cardíaca; Marcapasso Cardíaco Artificial; Anormalidades Cardíacas; Bloqueio Atrioventricular; Estenose da Valva Aórtica.

Abstract: *Transcatheter Aortic Valve Implantation (TAVI) has emerged as a therapeutic option for patients with symptomatic severe aortic stenosis who have a high surgical risk. Despite of less aggressive manipulation when compared to conventional surgery, the incidence of atrioventricular block is significant and 30% of patients require permanent pacemaker. The identification of clinical, electrocardiographic, anatomic and technical factors*

Trabalho realizado no Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia, São Paulo, SP, Brasil.

1. Doutorando em Cardiologia, médico cardiologista do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia (IDPC), do Hospital do Coração (HCor) da Associação do Sanatório Sírio e do Hospital Santa Catarina, São Paulo, SP, Brasil. **2.** Médico cardiologista, pós-doutorado em Eletrofisiologia, diretor do Serviço Médico de Estimulação Cardíaca Artificial do IDPC e diretor do Serviço de Eletrofisiologia, Marcapasso e Arritmias do HCor, São Paulo, SP, Brasil. **3.** Doutora em Cardiologia, livre-docente, diretora do IDPC, presidente do Conselho Curador da Fundação Adib Jatene, presidente da Comissão de Pós-Graduação do IDPC, coordenadora do Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação da Universidade de São Paulo/IDPC, São Paulo, SP, Brasil. **4.** Doutor em Ciência, com área de concentração em Medicina, Tecnologia e Intervenção em Cardiologia, chefe da Seção Médica de Intervenção em Coronária do Serviço de Cardiologia Intervencionista do IDPC e pesquisador do Instituto de Ensino e Pesquisa do HCor, São Paulo, SP, Brasil. **5.** Doutor em Cardiologia, livre-docente, diretor do Centro de Intervenções em Doenças Estruturais do Coração do IDPC e chefe do Serviço de Cardiologia Intervencionista do HCor, São Paulo, SP, Brasil. **6.** Doutor em Cardiologia, médico assistente do Serviço de Estimulação Cardíaca Artificial do IDPC e do HCor, São Paulo, SP, Brasil. **7.** Doutora em Ciências, chefe da Seção Médica de Valvopatias do IDPC, coordenadora da Comissão de Estágio e Aprimoramento e membro da Comissão de Residência Médica do IDPC, São Paulo, SP, Brasil. **8.** Médico, especialista em Cardiologia e Estimulação Cardíaca Artificial, médico assistente do Serviço de Estimulação Cardíaca Artificial do IDPC e HCor, São Paulo, SP, Brasil.

Correspondência: Gustavo Galli Reis. Av. Dr. Dante Pazzanese, 500 – Vila Mariana – São Paulo, SP, Brasil – CEP 04012-909 E-mail: drreis.gustavo@gmail.com

Artigo submetido em 5/2015 e publicado em 9/2015.

related to the type of implant or device release technique is essential for the development of new techniques and materials aiming at reducing the advanced atrioventricular block rate after TAVI. The most relevant predictors analyzed were: previous right bundle branch block, type of device (self-expanding vs. balloon-expandable), depth of frame in left ventricular outflow tract, valve overexpansion, intraprocedural total atrioventricular block, first-degree atrioventricular block in baseline electrocardiogram and male gender.

Keywords: Prosthesis Implantation; Heart Valve Prosthesis Implantation; Cardiac Pacemaker, Artificial; Heart Defects, Abnormalities; Atrioventricular Block; Aortic Valve Stenosis.

Introdução

Com o envelhecimento da população, uma parcela significativa dos pacientes com estenose valvar aórtica apresenta outras morbidades, o que aumenta significativamente o risco relacionado à cirurgia valvar aórtica convencional quando indicada. Para esses pacientes com indicação de abordagem terapêutica da valva aórtica e risco cirúrgico proibitivo ou alto deve-se considerar o implante valvar aórtico percutâneo com grau de recomendação I e nível de evidência B para aqueles com risco proibitivo e grau de recomendação IIa e nível de evidência B para alto risco cirúrgico, respectivamente¹. Para a estratificação de risco cirúrgico, as diferentes sociedades e instituições se baseiam no escore STS, na avaliação de fragilidade e no EuroSCORE.

Revisão da Literatura

Dados do estudo PARTNER demonstraram que o implante por cateter de bioprótese valvar aórtica (do inglês *Transcatheter Aortic Valve Implantation* – TAVI) é uma alternativa ao tratamento cirúrgico em pacientes de alto risco e superior ao tratamento clínico naqueles considerados inoperáveis, reduzindo o percentual de indivíduos anteriormente recusados para troca valvar aórtica^{2,3}.

Dessa mesma forma, o TAVI reduziu significativamente a mortalidade por todas as causas, quando comparado ao tratamento clínico em pacientes com estenose aórtica grave inoperável, e foi igualmente efetivo naqueles com risco cirúrgico aumentado submetidos ao procedimento de troca valvar convencional^{2,4,5}.

Apesar de ser um procedimento intervencionista e menos agressivo quando comparado à cirurgia valvar convencional, há maior incidência de distúrbios do sistema de condução cardíaco⁶⁻⁹.

A necessidade de marcapasso definitivo e a incidência de bloqueio de ramo esquerdo induzido pelo TAVI são dependentes do dispositivo utilizado, oscilando entre 29% e 65% nos pacientes com sistema autoexpansível CoreValve® (Medtronic, Minneapolis, Estados Unidos), e entre 4% e

18% nos pacientes que receberam prótese valvar expansível por balão Edwards SAPIEN® (Edwards Lifesciences, Irvine, Estados Unidos)¹⁰. A comparação direta entre as próteses demonstra incidência três vezes maior de bloqueio de ramo esquerdo relacionado à CoreValve¹¹. No entanto, essa incidência tende a reduzir com a experiência da equipe e com os novos *designs* e ferramentas para o procedimento.

O estudo CHOICE randomizou 241 pacientes de alto risco cirúrgico, portadores de estenose aórtica grave e candidatos ao TAVI por via transfemoral para receberem prótese balão expansível (Edwards SAPIEN) vs. autoexpansível (CoreValve) na proporção de 1:1. A necessidade de marcapasso definitivo após o procedimento foi avaliada dentre os desfechos secundários e evidenciou-se redução de 54% de implantes de marcapasso definitivo após TAVI nos pacientes com próteses Edwards SAPIEN comparativamente aos pacientes do grupo CoreValve [razão de risco (RR) 0,46, intervalo de confiança de 95% (IC 95%) 0,28-0,74; P = 0,001]¹².

Os bloqueios de ramo esquerdo induzidos por TAVI são transitórios em mais de um terço dos pacientes e são solucionados em aproximadamente 20% dos casos antes da alta hospitalar. Os bloqueios de ramo esquerdo relacionados à CoreValve apresentam duas vezes menos tendência à resolução durante o acompanhamento de 12 meses¹¹. Para o dispositivo Edwards SAPIEN, Urena et al.¹³, após 12 meses, observaram permanência de 36% (9/25) de bloqueio de ramo esquerdo nos pacientes que desenvolveram bloqueio de ramo esquerdo pós-operatório e evolução de 16% (4/25) para bloqueio atrioventricular de 3º grau.

O bloqueio de ramo esquerdo é preditor independente de mortalidade cardiovascular em decorrência de morte súbita cardíaca em diversos estudos, além de gerar dissincronia ventricular, podendo ocasionar redução da fração de ejeção do ventrículo esquerdo e insuficiência cardíaca^{14,15}.

Dentre as causas que podem levar a bloqueio de ramo esquerdo e bloqueio atrioventricular avançado após o TAVI, destacam-se:

1. Fatores relacionados ao paciente: O sistema de condução cardíaco tem proximidade anatômica com a valva aórtica e com o endocárdio subvalvar (Figura 1)¹⁶. Em pacientes com estenose aórtica por calcificação, quando ocorre fusão das cúspides não coronária e coronária direita, o tecido do folheto fica muito próximo do ramo esquerdo do sistema de condução, aumentando a incidência de bloqueio de ramo esquerdo pós-TAVI¹⁷. Estudos de necropsia demonstram que depósito de cálcio valvar pode acometer o sistema de condução. Da mesma forma, calcificações graves do sistema valvar podem aumentar a incidência de *leak* paraprotético e em decorrência dessa regurgitação pode haver aumento da tensão e estiramento da parede e, consequentemente, do sistema de condução cardíaco^{18,19}.

2. Fatores relacionados ao dispositivo: a pressão exercida pela porção distal da estrutura protética sobre a via de saída do ventrículo esquerdo é um fator causador de bloqueio de ramo esquerdo e bloqueio atrioventricular, principalmente em próteses CoreValve maiores^{10,17}. Estudos de necropsia revelaram danos à porção basal do septo interventricular em pacientes pós-TAVI falecidos em decorrência de bloqueio atrioventricular total¹¹. Em razão disso, a profundidade do posicionamento da prótese para dentro do ventrículo é de grande

importância, sendo mais profunda com a prótese CoreValve que com a Edwards SAPIEN^{6,8,20,21}. A profundidade recomendada é de 4 mm a 8 mm além do ânulo aórtico nativo para reduzir a incidência de distúrbios de condução. A prótese CoreValve é autoexpansível, apresenta uma moldura de nitinol que se expande até alcançar sua memória e pode, assim, ocasionar mais trauma ao sistema de condução, dependendo do diâmetro do anel. A CoreValve 26 mm é semelhante à Edwards SAPIEN no que se refere à evolução para bloqueio de ramo esquerdo²¹⁻²³. O uso de guias e balões (pré-dilatação) também pode ocasionar bloqueio de ramo esquerdo por trauma e compressão direta ou por lesão no sistema vascular que supre o sistema de condução cardíaco²⁴. Pré-dilatação com balão é recomendada no procedimento de TAVI por diminuir o estresse direto sobre o anel e por reduzir a duração da hipotensão e possível isquemia²⁵. Isso pode ser comparado à valvoplastia por balão, cuja incidência de novo bloqueio de ramo esquerdo é de 30%²⁰.

A incidência de bloqueio atrioventricular com necessidade de implante de marcapasso cardíaco definitivo pós-TAVI varia na literatura entre 10% e 50% dos casos. O acompanhamento eletrocardiográfico pós-procedimento deve ser criterioso, especialmente em pacientes com maior risco de bloqueio atrioventricular²⁶. A identificação de fatores de risco preditores é de grande relevância. Como já mencionado, a proximidade anatômica do anel aórtico com o sistema de condução cardíaco tem implicação direta nessa alta incidência de complicação cardíaca elétrica pós-TAVI.

Em uma série de 151 pacientes submetidos a implante de prótese Edwards SAPIEN (transapical ou transfemoral), a incidência de bloqueio atrioventricular completo foi de 5,3%²⁷. As análises comparativas de bloqueio atrioventricular e a necessidade de marcapasso definitivo pós-TAVI demonstram incidência maior para o grupo de pacientes submetidos a CoreValve^{22,24}. Em concordância com o estudo CHOICE, essa observação foi confirmada por Erkapic et al.²² em uma metanálise incluindo 5.258 pacientes de 32 estudos (próteses Edwards SAPIEN, n = 2.887; próteses CoreValve, n = 2.371). A incidência de implante de marcapasso pós-TAVI foi de 15-25,8% após CoreValve e de 6,5% após Edwards SAPIEN.

Estudos demonstram que o implante de próteses desproporcionalmente grandes para o anel aórtico, a dilatação excessiva do dispositivo sobre o anel aórtico nativo e a profundidade do implante em relação à via de saída do ventrículo esquerdo têm importante correlação com a evolução para bloqueio atrioventricular avançado e implante

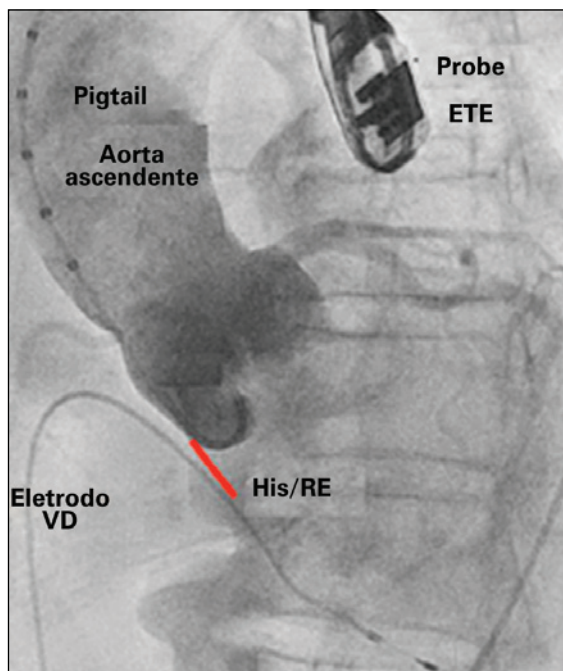


Figura 1: Aortograma em oblíqua anterior esquerda, demonstrando a proximidade do tronco do feixe de His e do ramo esquerdo do feixe de His com a valva aórtica. ETE = ecocardiograma transesofágico; His = tronco do feixe de His; RE = ramo esquerdo; VD = ventrículo direito. (Adaptado de Poels et al.¹⁶)

de marcapasso definitivo²⁸. Katsanos et al.²⁹, ao estudo de imagens de tomografia computadorizada de múltiplos detectores pré e pós-TAVI com prótese Edwards SAPIEN em 94 pacientes, evidenciaram aumento da necessidade de marcapasso definitivo nos pacientes com expansão da valva protética > 15% da área anular aórtica nativa [odds ratio (OR) 5,277, IC 95% 1,398-19,919; P = 0,014]. A profundidade da prótese na via de saída do ventrículo esquerdo foi variável independente para marcapasso definitivo e bloqueio de ramo esquerdo relacionados ao TAVI (OR 1,401, IC 95% 1,066-1,770; P = 0,010), e implantes com profundidade < 6 mm da borda inferior da cúspide não coronária foram correlacionados com bloqueio atrioventricular avançado periprocedimento^{29,30}.

O risco de bloqueio atrioventricular avançado foi duas vezes maior com a utilização de próteses desproporcionalmente grandes ao anel aórtico (> 4 mm), e três a quatro vezes maior ao se utilizar próteses CoreValve comparativamente às próteses Edwards SAPIEN²⁸.

Bloqueio de ramo direito preexistente apresentou associação com bloqueio atrioventricular avançado e marcapasso definitivo em diversos estudos de TAVI^{21,31,32}. Mouillet et al.³³, na análise multivariada de seu registro, evidenciaram o bloqueio de ramo direito pré-TAVI como o único fator preditor independente com significância estatística associado ao aumento de incidência de marcapasso definitivo após TAVI [hazard ratio (HR) 2,25, IC 95% 1,66-3,05; P < 0,0001]. Por meio do registro multicêntrico brasileiro de pacientes submetidos ao procedimento de TAVI, Gensas et al.³⁴ evidenciaram maior incidência de marcapasso definitivo pós-TAVI em pacientes com bloqueio de ramo direito ao eletrocardiograma de base (25,26% vs. 6,58%; P < 0,001).

Dessa forma, pacientes com bloqueio de ramo direito completo (Figura 2) aparecem sob alto risco de evolução para bloqueio atrioventricular total relacionado ao procedimento de TAVI, uma vez que o risco de bloqueio de ramo esquerdo relacionado ao procedimento varia, de acordo com a prótese utilizada, de 4% a 65%¹⁰.

Alguns outros fatores de risco relevantes associados ao bloqueio atrioventricular e à necessidade de marcapasso pós-TAVI incluem pacientes com mais de 75 anos de idade, sexo masculino, centros de menor experiência (≤ 40 pacientes), bradicardia pré-procedimento (< 55 bpm) e o primeiro dia de pós-operatório. O grau de calcificação da valva nativa e o local de liberação do dispositivo também estão relacionados à incidência de bloqueio atrioventricular e à necessidade de marcapasso definitivo pós-implante^{33,36}.

A maioria dos bloqueios atrioventriculares ocorre nos primeiros 3 dias a 7 dias após o procedimento, o que reforça a importância do acompanhamento eletrocardiográfico rigoroso nesse período^{22,28}. Quase metade dos casos de bloqueio atrioventricular durante o procedimento ocorre com a dilatação do balão, dos quais 50% revertem esse bloqueio nas 24 horas seguintes mas mantêm incidência aumentada para o risco de evolução para bloqueio atrioventricular avançado. No registro de Mouillet et al.³³, na população submetida a implante de marcapasso definitivo pós-TAVI, bloqueio atrioventricular de alto grau ocorreu nos primeiros 7 dias pós-TAVI em 224/252 pacientes (88,9%) e em até 30 dias em 247/252 pacientes (98%).

Uma metanálise de 41 estudos incluindo 11.210 pacientes submetidos ao procedimento de TAVI foi publicada em 2014, na qual a necessidade de marcapasso definitivo após intervenção foi de 17% (média de 28% para dispositivos CoreValve e de 6% para dispositivos Edwards SAPIEN). A análise dos preditores de marcapasso nesses pacientes demonstrou significância estatística para: prótese CoreValve vs. Edwards SAPIEN (RR 2,54; P < 0,01), sexo masculino (RR 1,23; P < 0,01), pacientes com bloqueio atrioventricular de 1º grau pré-procedimento (RR 1,52; P < 0,01), hemibloqueio anterior esquerdo prévio (RR 1,62; P < 0,01), bloqueio de ramo direito prévio (RR 2,89; P < 0,01) e bloqueio atrioventricular total

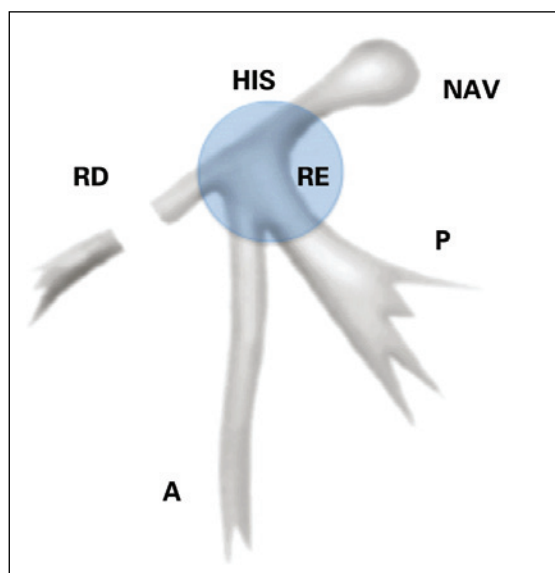


Figura 2: Representação esquemática do sistema trifascicular do ramo do feixe de His em um cenário de bloqueio de ramo direito completo. Em destaque a região suscetível a lesão mecânica e/ou funcional relacionada ao implante por cateter de bioprótese valvar aórtica. A = fascículo ântero-superior do ramo esquerdo; HIS = feixe de His; NAV = nó atrioventricular; P = fascículo posterior-inferior do ramo esquerdo; RD = ramo direito; RE = ramo esquerdo. (Adaptado de Braunwald et al.³⁵.)

intraprocédimento (RR 3,49; $P < 0,01$). Esses preditores mantiveram significância estatística na análise do subgrupo de pacientes que receberam a prótese CoreValve³⁷.

Avanços no dispositivo de liberação da bioprótese CoreValve de terceira geração (CoreValve Accutrak) foram desenhados para alcançar maior precisão de entrega e conseqüente redução do número de bloqueio de ramo esquerdo, de bloqueio atrioventricular e de implantes de marcapasso definitivo³⁸. No entanto, não foi evidenciada diferença significativa na incidência de implante de marcapasso definitivo entre pacientes com implante de CoreValve e de CoreValve Accutrak após acompanhamento de 136 ± 99 dias ($P = 0,85$)³³.

A presença de bloqueio de ramo esquerdo pré-TAVI não teve significância estatística na incidência de marcapasso definitivo pós-procédimento³³.

Conclusão

A indicação de TAVI para o tratamento da estenose aórtica grave em pacientes sintomáticos e com risco cirúrgico alto ou proibitivo vem ganhando espaço no cenário terapêutico atual. Apesar de seu caráter intervencionista e de menor agressividade comparativamente ao tratamento cirúrgico convencional, a incidência de danos ao sistema de condução cardíaco, como bloqueio de ramo esquerdo e bloqueio atrioventricular avançado com necessidade de marcapasso definitivo, permanece elevada.

Os estudos atuais apontam diversos fatores relacionados a esses desfechos indesejáveis. Os preditores de maior relevância foram: bloqueio de ramo direito prévio, tipo de prótese (autoexpansível vs. balão expansível), profundidade do implante sobre a via de saída do ventrículo esquerdo, expansão excessiva da prótese, bloqueio atrioventricular total intraprocédimento, bloqueio atrioventricular de 1º grau ao eletrocardiograma de base e sexo masculino.

Esses achados devem servir de base para novos estudos maiores, controlados e randomizados, que permitam o aprimoramento das técnicas e dos materiais e até mesmo a criação de escores de risco pré-TAVI para anormalidades do sistema de condução cardíaco e necessidade de marcapasso cardíaco definitivo.

Referências

1. Nishimura RA, Otto CM, Bonow RO, Carabello BA, Erwin III JP, Guyton RA, et al.; American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. 2014 AHA/ACC guideline for the management of patients with valvular heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association

- Task Force on Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol.* 2014;63(22):e57-185.

2. Leon MB, Smith CR, Mack M, Miller DC, Moses JW, Svensson LG, et al.; PARTNER Trial Investigators. Transcatheter aortic-valve implantation for aortic stenosis in patients who cannot undergo surgery. *N Engl J Med.* 2010;363(17):1597-607.

3. Smith CR, Leon MB, Mack MJ, Miller DC, Moses JW, Svensson LG, et al.; PARTNER Trial Investigators. Transcatheter versus surgical aortic-valve replacement in high-risk patients. *N Engl J Med.* 2011;364(23):2187-98.

4. Kodali SK, Williams MR, Smith CR, Svensson LG, Webb JG, Makkar RR, et al. Two-year outcomes after transcatheter or surgical aortic-valve replacement. *N Engl J Med.* 2012;366(18):1686-95.

5. Makkar RR, Fontana GP, Jilalawi H, Kapadia S, Pichard AD, Douglas PS, et al. Transcatheter aortic-valve replacement for inoperable severe aortic stenosis. *N Engl J Med.* 2012;366(18):1696-704.

6. Baan J Jr, Yong ZY, Koch KT, Henriques JP, Bouma BJ, Vis MM, et al. Factors associated with cardiac conduction disorders and permanent pacemaker implantation after percutaneous aortic valve implantation with the CoreValve prosthesis. *Am Heart J.* 2010;159(3):497-503.

7. Tzikas A, van Dalen BM, Van Mieghem NM, Gutierrez-Chico JL, Nuis RJ, Kauer F, et al. Frequency of conduction abnormalities after transcatheter aortic valve implantation with the Medtronic-CoreValve and the effect on left ventricular ejection fraction. *Am J Cardiol.* 2011;107(2):285-9.

8. Aktug O, Dohmen G, Brehmer K, Koos R, Altiok E, Deserno V, et al. Incidence and predictors of left bundle branch block after transcatheter aortic valve implantation. *Int J Cardiol.* 2012;160(1):26-30.

9. Bates MG, Matthews IG, Fazal IA, Turley AJ. Postoperative permanent pacemaker implantation in patients undergoing transcatheter aortic valve implantation: what is the incidence and are there any predicting factors? *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2011;12(2):243-53.

10. Van der Boon RM, Nuis RJ, Van Mieghem NM, Jordaens L, Rodés-Cabau J, van Domburg RT, et al. New conduction abnormalities after TAVI-frequency and causes. *Nat Rev Cardiol.* 2012;9(8):454-63.

11. Houthuizen P, van der Boon RM, Urena M, van Mieghem N, Brueren GB, Poels TT, et al. Occurrence, fate and consequences of ventricular conduction abnormalities after transcatheter aortic valve implantation. *EuroIntervention.* 2014;9(10):1142-50.

12. Abdel-Wahab M, Mehili J, Frerker C, Neumann FJ, Kurz T, Tölg R, et al.; CHOICE investigators. Comparison of balloon-expandable vs self-expandable valves in patients undergoing transcatheter aortic valve replacement: the CHOICE randomized clinical trial. *JAMA.* 2014;311(15):1503-14.

13. Urena M, Mok M, Serra V, Dumont E, Nombela-Franco L, DeLarochelliere R, et al. Predictive factors and long-term clinical consequences of persistent left bundle branch block following transcatheter aortic valve implantation with a balloon-expandable valve. *J Am Coll Cardiol.* 2012;60(18):1743-52.

14. Freedman RA, Alderman EL, Sheffield LT, Saporito M, Fisher LD. Bundle branch block in patients with chronic coronary artery disease: angiographic correlates and prognostic significance. *J Am Coll Cardiol.* 1987;10:73-80.

15. Goldberger JJ, Cain ME, Hohnloser SH, Kadish AH, Knight BP, Lauer MS, et al.; American Heart Association; American College of Cardiology Foundation; Heart Rhythm Society. American Heart Association/American College of Cardiology Foundation/Heart Rhythm Society scientific statement on noninvasive risk stratification techniques for identifying patients at risk for sudden cardiac death: a scientific statement from the American Heart Association Council on Clinical Cardiology Committee on Electrocardiography and Arrhythmias and Council on Epidemiology and Prevention. *Circulation*. 2008;118(14):1497-518.
16. Poels TT, Houthuizen P, Van Garsse LA, Maessen JG, de Jaegere P, Prinzen FW. Transcatheter aortic valve implantation – induced left bundle branch block: causes and consequences. *J Cardiovasc Transl Res*. 2014;7(4):395-405.
17. Khawaja MZ, Rajani R, Cook A, Khavandi A, Moynagh A, Chowdhary S, et al. Permanent pacemaker insertion after CoreValve transcatheter aortic valve implantation: incidence and contributing factors (the UK CoreValve Collaborative). *Circulation*. 2011;123(9):951-60.
18. Haensig M, Lehmkuhl L, Rastan AJ, Kempfert J, Mukherjee C, Gutberlet M, et al. Aortic valve calcium scoring is a predictor of significant paravalvular aortic insufficiency in transcatheter aortic valve implantation. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2012;41(6):1234-40.
19. Dawkins S, Hobson AR, Kalra PR, Tang AT, Monro JL, Dawkins KD. Permanent pacemaker implantation after isolated aortic valve replacement: incidence, indications, and predictors. *Ann Thorac Surg*. 2008;85(1):108-12.
20. Piazza N, Onuma Y, Jessurun E, Kint PP, Maugenest AM, Anderson RH, et al. Early and persistent intraventricular conduction abnormalities and requirements for pacemaking after percutaneous replacement of the aortic valve. *JACC Cardiovasc Interv*. 2008;1(3):310-6.
21. Guetta V, Goldenberg G, Segev A, Dvir D, Kornowski R, Finckelstein A, et al. Predictors and course of high-degree atrioventricular block after transcatheter aortic valve implantation using the CoreValve Revalving System. *Am J Cardiol*. 2011;108(11):1600-5.
22. Erkapic D, Kim WK, Weber M, Mollmann H, Berkowitsch A, Zaltsberg S, et al. Electrocardiographic and further predictors for permanent pacemaker requirement after transcatheter aortic valve implantation. *Europace*. 2010;12(8):1188-90.
23. Tzamtzis S, Viquerat J, Yap J, Mullen MJ, Burriesci G. Numerical analysis of the radial force produced by the Medtronic-CoreValve and Edwards-SAPIEN after transcatheter aortic valve implantation (TAVI). *Med Eng Phys*. 2013;35(1):125-30.
24. Nuis RJ, Van Mieghem NM, Schultz CJ, Tzikas A, Van der Boon RM, Maugenest AM, et al. Timing and potential mechanisms of new conduction abnormalities during the implantation of the Medtronic CoreValve System in patients with aortic stenosis. *Eur Heart J*. 2011;32(16):2067-74.
25. Dvir D, Lavi I, Eltchaninoff H, Himbert D, Almagor Y, Descoutures F, et al. Multicenter evaluation of Edwards SAPIEN positioning during transcatheter aortic valve implantation with correlates for device movement during final deployment. *J Am Coll Cardiol Cardiovasc Interv*. 2012;5(5):563-70.
26. Pastore CA, Pinho C, Germiniani H, Samesima N, Mano R, et al. Sociedade Brasileira de Cardiologia. Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre Análise e Emissão de Laudos Eletrocardiográficos. *Arq Bras Cardiol*. 2009;93(3 Supl 2):1-19.
27. Khawaja MZ, Sohal M, Valli H, Dworakowski R, Pettit SJ, Roy D, et al. Standalone balloon aortic valvuloplasty: indications and outcomes from the UK in the transcatheter valve era. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2013;81(2):366-73.
28. Bleiziffer S, Ruge H, Hörer J, Hutter A, Geisbüsch S, Brockmann G, et al. Predictors for new-onset complete heart block after transcatheter aortic valve implantation. *JACC Cardiovasc Interv*. 2010;3(5):524-30.
29. Katsanos S, van Rosendaal P, Kamperidis V, van der Kley F, Joyce E, Debonnaire P, et al. Insights into new-onset rhythm conduction disorders detected by multi-detector row computed tomography after transcatheter aortic valve implantation. *Am J Cardiol*. 2014;114(10):1556-61.
30. Roten L, Wenaweser P, Delacrétaz E, Hellige G, Stortecky S, Tanner H, et al. Incidence and predictors of atrioventricular conduction impairment after transcatheter aortic valve implantation. *Am J Cardiol*. 2010;106(10):1473-80.
31. Liang M, Devlin G, Pasupati S. The incidence of transcatheter aortic valve implantation-related heart block in self-expandable Medtronic CoreValve and balloon-expandable Edwards valves. *J Invas Cardiol*. 2012;24(4):173-6.
32. Ferreira ND, Caeiro D, Adão L, Oliveira M, Gonçalves H, Ribeiro J, et al. Incidence and predictors of permanent pacemaker requirement after transcatheter aortic valve implantation with a self-expanding bioprosthesis. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2010;33(11):1364-72.
33. Mouillet G, Lellouche N, Yamamoto M, Oguri A, Dubois-Rande JL, Van Belle E, et al. Outcomes following pacemaker implantation after transcatheter aortic valve implantation with CoreValve® devices: Results from the FRANCE 2 Registry. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2015;86(3):E158-66.
34. Gensas CS, Caixeta A, Siqueira D, Carvalho LA, Sarmiento-Leite R, Mangione JA, et al.; Brazilian Registry in Transcatheter Aortic Valve Implantation Investigators. Predictors of permanent pacemaker requirement after transcatheter aortic valve implantation: insights from a Brazilian registry. *Int J Cardiol*. 2014;175(2):248-52.
35. Braunwald E, Zipes DP, Libby P, Bonow R. Braunwald's heart disease: a textbook of cardiovascular medicine. 9th ed. Philadelphia, PA: Elsevier Saunders; 2004. p. 659.
36. John D, Buellesfeld L, Yuecel S, Mueller R, Latsios G, Beucher H, et al. Correlation of device landing zone calcification and acute procedural success in patients undergoing transcatheter aortic valve implantations with the self-expanding CoreValve prosthesis. *JACC Cardiovasc Interv*. 2010;3(2):233-43.
37. Siontis GC, Jüni P, Pilgrim T, Stortecky S, Büllsfeld L, Meier B, et al. Predictors of permanent pacemaker implantation in patients with severe aortic stenosis undergoing TAVR: a meta-analysis. *J Am Coll Cardiol*. 2014;64(2):129-40.
38. Muñoz-García AJ, Hernández-García JM, Jiménez-Navarro MF, Alonso-Briales JH, Rodríguez-Bailón I, Peña-Hernández J, et al. Changes in atrioventricular conduction and predictors of pacemaker need after percutaneous implantation of the CoreValve®. Aortic valve prosthesis. *Rev Esp Cardiol*. 2010;63(12):1444-51.