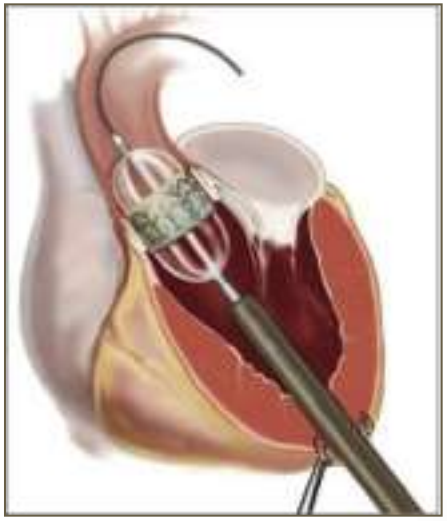
MCDT evaluation of aortic root and aortic valve prior to TAVI. What is optimal imaging point in the cardiac cycle?

European Radiology(2015) 25: 1975-1983

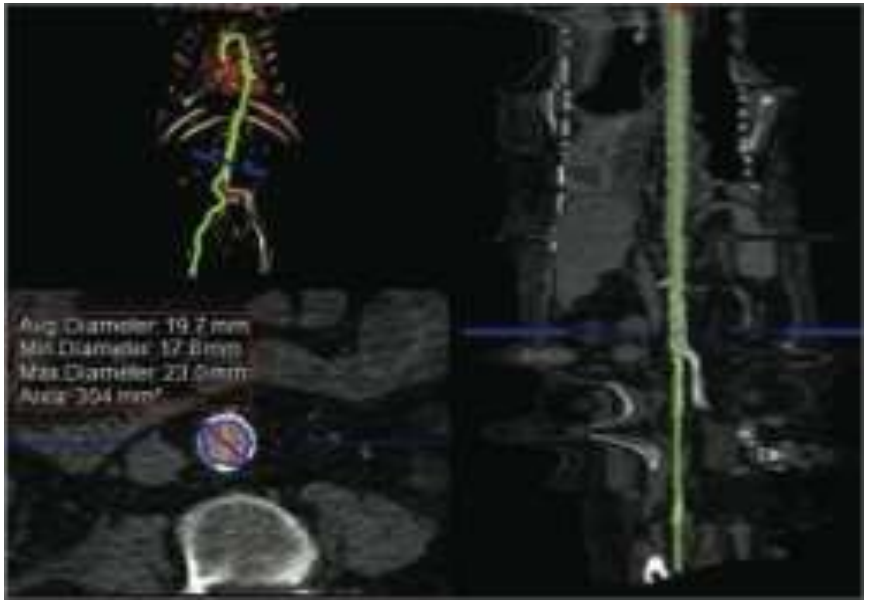
Introdução

- TAVI/TAVR= colocação da válvula aórtica por cateterismo
- Doentes sem indicação para cirurgia (30%): comorbilidades, disfunção ventricular esquerda; idade avançada
- Procedimento:
  - Acesso: percutâneo transfemoral ou transubclávio; transaórtico; transapical



Introdução

- Protocolo
  - Aquisição engloba: câmaras cardíacas, raiz aorta, aorta, eixo iliofemoral
  - 1º raiz aorta com sincronização ECG
  - 2º angioTC torácica, abdominal e pélvica até femurais superficiais

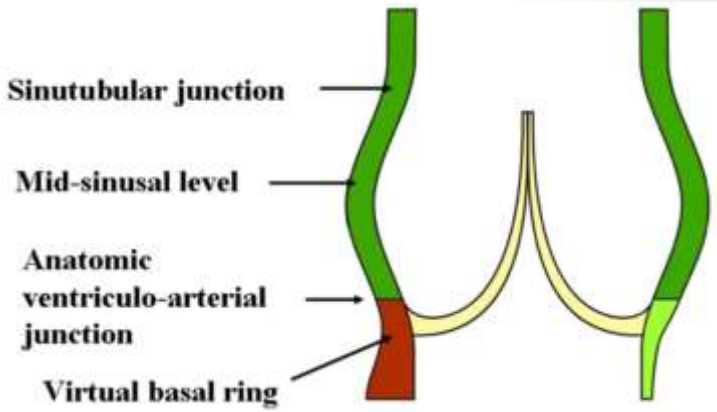


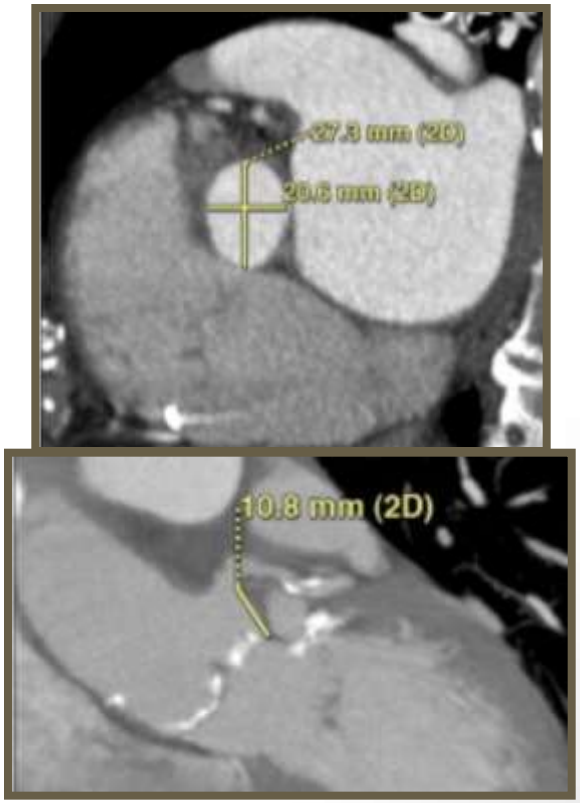
Introdução

- Planeamento por TC:
  - Via de acesso
    - Transfemoral:
      - lúmen mínimo permeável das artérias pélvicas(AFC, AIE, AIC)
      - tortuosidade dos vasos
      - calcificação(circunferencial: CI)
    - Transapical:
      - orientação do eixo do VE relativamente à câmara de saída
      - posição do ápex do ventrículo esquerdo relativamente à parede torácica
      - trombos no ventrículo esquerdo
    - Transaórtica/transubclávia:
      - calcificação da aorta ascendente (AVC)
      - posição da aorta relativamente à parede torácica
      - alterações da anatomia retroesternal

Introdução

- Planeamento por TC:
  - Anel aórtico
    - Anel virtual que liga os pontos mais baixos das cúspides quando se fixam à parede da câmara de saída do VE
    - Local onde se fixam as próteses
    - Durante a sístole é quando a abertura da válvula é maior
    - Medições: área; circunferência; > e < diâmetro
    - Distância do anel aos ostia coronários (>10mm)





Introdução

- Planeamento por TC:
  - Válvula aórtica
    - Numero cúspides
    - Calcificações
  - Raiz da aorta
    - Diâmetro junção sinotubular
    - Diâmetro seios Valsalva
    - Diâmetro aorta ascendente (4cm acima do anel)

Objetivo

- Determinar a fase ideal do ciclo cardíaco para a avaliação da raiz da aorta por TC no planeamento da TAVI

Material e Métodos

- Estudo retrospectivo
- 64 doentes referenciados para TAVI
- 27 homens; 37 mulheres
- Idade: 81.3 ± 5anos

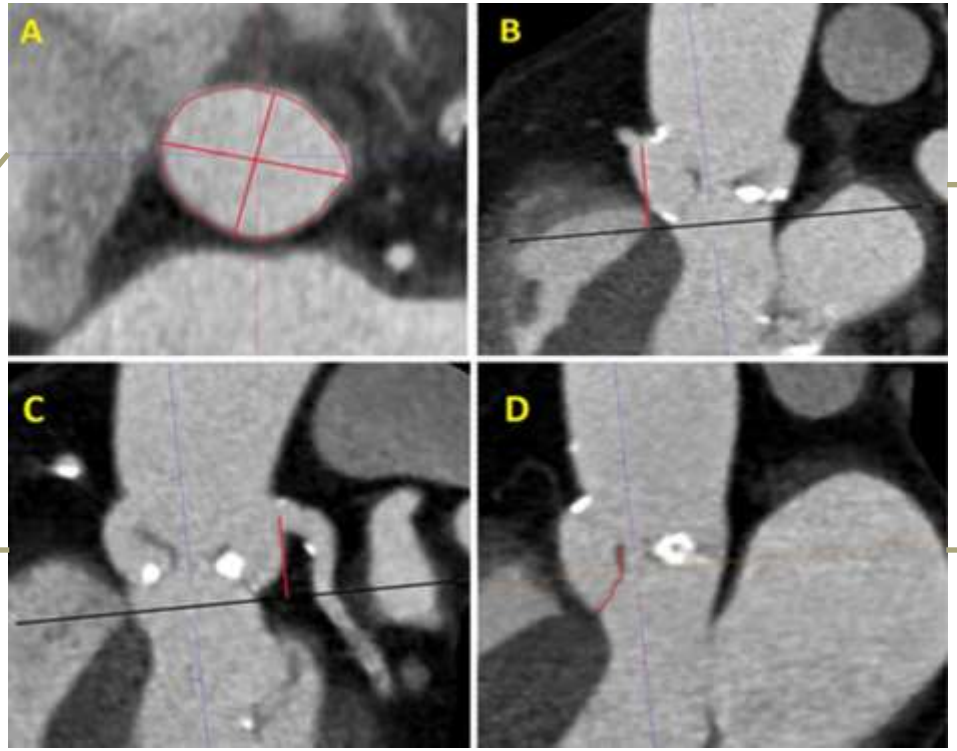
Material e Métodos –parâmetros de aquisição

- TC com sincronização ECG, retrospectiva, região da válvula aórtica
- Protocolo:
  - 100Kv; 320mAs
  - Colimação 64x0.6mm
  - Contraste – 120ml Ultravist 300:
    - 20ml CIV + 15ml soro
    - 75ml CIV
    - 50ml 50% solução CIV
    - 50ml soro
  - Bolus 7,2ml/sg
- Reconstrução: 0.75mm espessura; 0.7 incremento; B26f Kernel;
- 11 reconstruções: 20ms depois onda R e a cada 10% intervalo R-R

Material e Métodos - cálculos

- Medições da válvula aórtica:

- >Diâmetro
- <Diâmetro
- Perímetro
- Área



- Distância do anel ao centro do ostium da coronária direita

- Distância do anel ao centro do ostium da coronária esquerda

- Compri-mento folhetos

Material e Métodos - cálculos

- Medições da raiz da aorta:
  - Diâmetro da junção sinotubular
  - Diâmetro da aorta ao nível dos ostia direito e esquerdo
  - Diâmetro do segmento mais largo dos seios Valsalva

- Cálculos:
  - Diâmetro (médio): média do > e < diâmetro no anel aórtico
  - Diâmetro (circunferência): circunferência/π
  - Diâmetro efetivo $$\mathrm{ED} = 2 \times \sqrt{(\text{cross-sectional area}/\pi)}.$$
  - Cálculo da forma do anel aórtico
    - AASR (ratio de esfericidade)= > diâmetro/<diâmetro (se 1 forma circular)

Material e Métodos – estatística

SPSS versão 20.0

1. Determinação das dimensões de cada estrutura anatómica em cada fase do ciclo cardíaco – avaliação com estatística descritiva (média± desvio padrão)
2. Determinação da fase do ciclo cardíaco em que se encontrou a dimensão < e >
3. Comparação com outras fases do ciclo cardíaco (teste t de student) – *p <0,05?*

Resultados

- Foram excluídos:
  - Aneurisma; válvula bicúspide; doenças genéticas
- Ritmo cardíaco -médio: 69bpm
- 2 radiologistas - Correlação inter-observador
  - Kappa analise – 0.87

Resultados

Table 2 Overview of examined anatomical structures: maximum and minimum, dimensions with corresponding time points, and the number of time points at which dimensions were significantly different from the maximum or minimum

Structure	Minimal diameter (time point %)	Mean diameter	Maximal diameter (time point %)	Number of time points at which measurements differed significantly from max. or min. values ($p<0.05$)
1. Annulus short diameter (mm)	20.9±2.0 (80 %)	21.6±2.0	22.6±2.0 (10 %)	10 (max)
2. Annulus long diameter (mm)	27.2±2.7 (100 %)	27.4±2.4	27.7±2.4 (60 %)	0 (max)
3. Area (mm^2)	417.6±62.8 (50 %)	473.3±64.5	467.3±67.8 (20 %)	10 (max)
4. Circumference (mm)	75.8±5.8 (50 %)	77.2±6.2	79.0±6.0 (20 %)	10 (max)
5. Right coronary artery ostium distance (mm)	17.6±2.8 (10 %)	17.8±2.8	18.0±2.9 (20 ms)	10 (min)
6. Left coronary artery ostium distance (mm)	16.2±2.4 (20 ms)	16.8±2.4	17.4±2.2 (100 %)	2 (min)
7. Ascending aorta at the level of sinotubular junction (mm)	27.1±2.2 (90 %)	27.4±2.4	27.6±3.1 (40 %)	0 (max)
8. Aortic root at right coronary artery level (mm)	29.8±3.0 (20 ms)	30.2±3.3	30.8±3.3 (40 %)	1 (max)
9. Aortic root at left coronary artery level (mm)	32.1±3.4 (50 %)	32.4±3.6	33.0±3.5 (20 %)	7 (max)
10. Aortic root at the widest portion of aortic sinuses (mm)	34.1±3.5 (90 %)	34.4±3.6	34.9±3.6 (20 %)	6 (max)
11. Left leaflet length (mm)	15.8±2.0 (10 %)	16.0±2.0	16.3±1.8 (60 %)	0 (max)
12. Right leaflet length (mm)	15.4±1.7 (80 %)	15.7±1.8	16.1±2.0 (20 %)	6 (max)
13. Mean diameter (mm)	23.9±2.9 (70 %)	24.4±2.3	25.0±2.0 (10 %)	9 (max)
14. Effective diameter (mm)	23.0±1.8 (50 %)	23.5±1.8	24.3±1.8 (20 %)	10 (max)
15. Circumference-derived diameter (mm)	24.1±1.9 (50 %)	24.6±1.9	25.2±1.9 (20 %)	10 (max)
16. AASR	1.215±0.082 (10 %)	1.277±0.111	1.317±0.107 (90 %)	5 (max)
17. Ellipse eccentricity	0.554±0.082 (10 %)	0.604±0.092	0.638±0.072 (90 %)	5 (max)
18. Difference between Dmax and Dmin (mm)	4.8±1.6 (10 %)	5.9±2.2	6.7±2.1 (60 %)	5 (max)

Except for distance RCA and LM to the annulus where minimal distance is most relevant, for the other parameters maximal measure is most relevant

AASR aortic annulus sphericity ratio

Resultados

Table 2 Overview of examined anatomical structures: maximum and minimum, dimensions with corresponding time points, and the number of time points at which dimensions were significantly different from the maximum or minimum

Structure	Minimal diameter (time point %)	Mean diameter	Maximal diameter (time point %)	Number of time points at which measurements differed significantly from max. or min. values ($p<0.05$)
1. Annulus short diameter (mm)	20.9±2.0 (80 %)	21.6±2.0	22.6±2.0 (10 %)	10 (max)
2. Annulus long diameter (mm)	27.2±2.7 (100 %)	27.4±2.4	27.7±2.4 (60 %)	0 (max)
3. Area (mm^2)	417.6±62.8 (50 %)	473.3±64.5	467.3±67.8 (20 %)	10 (max)
4. Circumference (mm)	75.8±5.8 (50 %)	77.2±6.2	79.0±6.0 (20 %)	10 (max)
5. Right coronary artery ostium distance (mm)	17.6±2.8 (10 %)	17.8±2.8	18.0±2.9 (20 ms)	10 (min)
6. Left coronary artery ostium distance (mm)	16.2±2.4 (20 ms)	16.8±2.4	17.4±2.2 (100 %)	2 (min)
7. Ascending aorta at the level of sinotubular junction (mm)	27.1±2.2 (90 %)	27.4±2.4	27.6±3.1 (40 %)	0 (max)
8. Aortic root at right coronary artery level (mm)	29.8±3.0 (20 ms)	30.2±3.3	30.8±3.3 (40 %)	1 (max)
9. Aortic root at left coronary artery level (mm)	32.1±3.4 (50 %)	32.4±3.6	33.0±3.5 (20 %)	7 (max)
10. Aortic root at the widest portion of aortic sinuses (mm)	34.1±3.5 (90 %)	34.4±3.6	34.9±3.6 (20 %)	6 (max)
11. Left leaflet length (mm)	15.8±2.0 (10 %)	16.0±2.0	16.3±1.8 (60 %)	0 (max)
12. Right leaflet length (mm)	15.4±1.7 (80 %)	15.7±1.8	16.1±2.0 (20 %)	6 (max)
13. Mean diameter (mm)	23.9±2.9 (70 %)	24.4±2.3	25.0±2.0 (10 %)	9 (max)
14. Effective diameter (mm)	23.0±1.8 (50 %)	23.5±1.8	24.3±1.8 (20 %)	10 (max)
15. Circumference-derived diameter (mm)	24.1±1.9 (50 %)	24.6±1.9	25.2±1.9 (20 %)	10 (max)
16. AASR	1.215±0.082 (10 %)	1.277±0.111	1.317±0.107 (90 %)	5 (max)
17. Ellipse eccentricity	0.554±0.082 (10 %)	0.604±0.092	0.638±0.072 (90 %)	5 (max)
18. Difference between Dmax and Dmin (mm)	4.8±1.6 (10 %)	5.9±2.2	6.7±2.1 (60 %)	5 (max)

Except for distance RCA and LM to the annulus where minimal distance is most relevant, for the other parameters maximal measure is most relevant

AASR aortic annulus sphericity ratio

Resultados

Table 2 Overview of examined anatomical structures: maximum and minimum, dimensions with corresponding time points, and the number of time points at which dimensions were significantly different from the maximum or minimum

Structure	Minimal diameter (time point %)	Mean diameter	Maximal diameter (time point %)	Number of time points at which measurements differed significantly from max. or min. values ($p<0.05$)
1. Annulus short diameter (mm)	20.9±2.0 (80 %)	21.6±2.0	22.6±2.0 (10 %)	10 (max)
2. Annulus long diameter (mm)	27.2±2.7 (100 %)	27.4±2.4	27.7±2.4 (60 %)	0 (max)
3. Area (mm^2)	417.6±62.8 (50 %)	473.3±64.5	467.3±67.8 (20 %)	10 (max)
4. Circumference (mm)	75.8±5.8 (50 %)	77.2±6.2	79.0±6.0 (20 %)	10 (max)
5. Right coronary artery ostium distance (mm)	17.6±2.8 (10 %)	17.8±2.8	18.0±2.9 (20 ms)	10 (min)
6. Left coronary artery ostium distance (mm)	16.2±2.4 (20 ms)	16.8±2.4	17.4±2.2 (100 %)	2 (min)
7. Ascending aorta at the level of sinotubular junction (mm)	27.1±2.2 (90 %)	27.4±2.4	27.6±3.1 (40 %)	0 (max)
8. Aortic root at right coronary artery level (mm)	29.8±3.0 (20 ms)	30.2±3.3	30.8±3.3 (40 %)	1 (max)
9. Aortic root at left coronary artery level (mm)	32.1±3.4 (50 %)	32.4±3.6	33.0±3.5 (20 %)	7 (max)
10. Aortic root at the widest portion of aortic sinuses (mm)	34.1±3.5 (90 %)	34.4±3.6	34.9±3.6 (20 %)	6 (max)
11. Left leaflet length (mm)	15.8±2.0 (10 %)	16.0±2.0	16.3±1.8 (60 %)	0 (max)
12. Right leaflet length (mm)	15.4±1.7 (80 %)	15.7±1.8	16.1±2.0 (20 %)	6 (max)
13. Mean diameter (mm)	23.9±2.9 (70 %)	24.4±2.3	25.0±2.0 (10 %)	9 (max)
14. Effective diameter (mm)	23.0±1.8 (50 %)	23.5±1.8	24.3±1.8 (20 %)	10 (max)
15. Circumference-derived diameter (mm)	24.1±1.9 (50 %)	24.6±1.9	25.2±1.9 (20 %)	10 (max)
16. AASR	1.215±0.082 (10 %)	1.277±0.111	1.317±0.107 (90 %)	5 (max)
17. Ellipse eccentricity	0.554±0.082 (10 %)	0.604±0.092	0.638±0.072 (90 %)	5 (max)
18. Difference between Dmax and Dmin (mm)	4.8±1.6 (10 %)	5.9±2.2	6.7±2.1 (60 %)	5 (max)

Except for distance RCA and LM to the annulus where minimal distance is most relevant, for the other parameters maximal measure is most relevant

AASR aortic annulus sphericity ratio

Resultados

Table 2 Overview of examined anatomical structures: maximum and minimum, dimensions with corresponding time points, and the number of time points at which dimensions were significantly different from the maximum or minimum

Structure	Minimal diameter (time point %)	Mean diameter	Maximal diameter (time point %)	Number of time points at which measurements differed significantly from max. or min. values ($p<0.05$)
1. Annulus short diameter (mm)	20.9±2.0 (80 %)	21.6±2.0	22.6±2.0 (10 %)	10 (max)
2. Annulus long diameter (mm)	27.2±2.7 (100 %)	27.4±2.4	27.7±2.4 (60 %)	0 (max)
3. Area (mm^2)	417.6±62.8 (50 %)	473.3±64.5	467.3±67.8 (20 %)	10 (max)
4. Circumference (mm)	75.8±5.8 (50 %)	77.2±6.2	79.0±6.0 (20 %)	10 (max)
5. Right coronary artery ostium distance (mm)	17.6±2.8 (10 %)	17.8±2.8	18.0±2.9 (20 ms)	10 (min)
6. Left coronary artery ostium distance (mm)	16.2±2.4 (20 ms)	16.8±2.4	17.4±2.2 (100 %)	2 (min)
7. Ascending aorta at the level of sinotubular junction (mm)	27.1±2.2 (90 %)	27.4±2.4	27.6±3.1 (40 %)	0 (max)
8. Aortic root at right coronary artery level (mm)	29.8±3.0 (20 ms)	30.2±3.3	30.8±3.3 (40 %)	1 (max)
9. Aortic root at left coronary artery level (mm)	32.1±3.4 (50 %)	32.4±3.6	33.0±3.5 (20 %)	7 (max)
10. Aortic root at the widest portion of aortic sinuses (mm)	34.1±3.5 (90 %)	34.4±3.6	34.9±3.6 (20 %)	6 (max)
11. Left leaflet length (mm)	15.8±2.0 (10 %)	16.0±2.0	16.3±1.8 (60 %)	0 (max)
12. Right leaflet length (mm)	15.4±1.7 (80 %)	15.7±1.8	16.1±2.0 (20 %)	6 (max)
13. Mean diameter (mm)	23.9±2.9 (70 %)	24.4±2.3	25.0±2.0 (10 %)	9 (max)
14. Effective diameter (mm)	23.0±1.8 (50 %)	23.5±1.8	24.3±1.8 (20 %)	10 (max)
15. Circumference-derived diameter (mm)	24.1±1.9 (50 %)	24.6±1.9	25.2±1.9 (20 %)	10 (max)
16. AASR	1.215±0.082 (10 %)	1.277±0.111	1.317±0.107 (90 %)	5 (max)
17. Ellipse eccentricity	0.554±0.082 (10 %)	0.604±0.092	0.638±0.072 (90 %)	5 (max)
18. Difference between Dmax and Dmin (mm)	4.8±1.6 (10 %)	5.9±2.2	6.7±2.1 (60 %)	5 (max)

Except for distance RCA and LM to the annulus where minimal distance is most relevant, for the other parameters maximal measure is most relevant

AASR aortic annulus sphericity ratio

Resultados

Table 2 Overview of examined anatomical structures: maximum and minimum, dimensions with corresponding time points, and the number of time points at which dimensions were significantly different from the maximum or minimum

Structure	Minimal diameter (time point %)	Mean diameter	Maximal diameter (time point %)	Number of time points at which measurements differed significantly from max. or min. values ($p<0.05$)
1. Annulus short diameter (mm)	20.9±2.0 (80 %)	21.6±2.0	22.6±2.0 (10 %)	10 (max)
2. Annulus long diameter (mm)	27.2±2.7 (100 %)	27.4±2.4	27.7±2.4 (60 %)	0 (max)
3. Area (mm^2)	417.6±62.8 (50 %)	473.3±64.5	467.3±67.8 (20 %)	10 (max)
4. Circumference (mm)	75.8±5.8 (50 %)	77.2±6.2	79.0±6.0 (20 %)	10 (max)
5. Right coronary artery ostium distance (mm)	17.6±2.8 (10 %)	17.8±2.8	18.0±2.9 (20 ms)	10 (min)
6. Left coronary artery ostium distance (mm)	16.2±2.4 (20 ms)	16.8±2.4	17.4±2.2 (100 %)	2 (min)
7. Ascending aorta at the level of sinotubular junction (mm)	27.1±2.2 (90 %)	27.4±2.4	27.6±3.1 (40 %)	0 (max)
8. Aortic root at right coronary artery level (mm)	29.8±3.0 (20 ms)	30.2±3.3	30.8±3.3 (40 %)	1 (max)
9. Aortic root at left coronary artery level (mm)	32.1±3.4 (50 %)	32.4±3.6	33.0±3.5 (20 %)	7 (max)
10. Aortic root at the widest portion of aortic sinuses (mm)	34.1±3.5 (90 %)	34.4±3.6	34.9±3.6 (20 %)	6 (max)
11. Left leaflet length (mm)	15.8±2.0 (10 %)	16.0±2.0	16.3±1.8 (60 %)	0 (max)
12. Right leaflet length (mm)	15.4±1.7 (80 %)	15.7±1.8	16.1±2.0 (20 %)	6 (max)
13. Mean diameter (mm)	23.9±2.9 (70 %)	24.4±2.3	25.0±2.0 (10 %)	9 (max)
14. Effective diameter (mm)	23.0±1.8 (50 %)	23.5±1.8	24.3±1.8 (20 %)	10 (max)
15. Circumference-derived diameter (mm)	24.1±1.9 (50 %)	24.6±1.9	25.2±1.9 (20 %)	10 (max)
16. AASR	1.215±0.082 (10 %)	1.277±0.111	1.317±0.107 (90 %)	5 (max)
17. Ellipse eccentricity	0.554±0.082 (10 %)	0.604±0.092	0.638±0.072 (90 %)	5 (max)
18. Difference between Dmax and Dmin (mm)	4.8±1.6 (10 %)	5.9±2.2	6.7±2.1 (60 %)	5 (max)

Except for distance RCA and LM to the annulus where minimal distance is most relevant, for the other parameters maximal measure is most relevant

AASR aortic annulus sphericity ratio

Discussão

- Na literatura, tem sido referenciado em vários estudos que a motilidade aórtica causa variabilidade estatisticamente significativa das dimensões do anel aórtico entre a sístole (máx) e a diástole (min), em doentes com e sem patologia aórtica>> comprovado nos candidatos do estudo

- Em estudos prévios só a variabilidade das dimensões do anel aórtico têm sido estudadas>>igualmente importante avaliação de toda a raiz da aorta, da válvula e o posicionamento dos folhetos até aos ostia coronários

Discussão

- De acordo com os dados obtidos no estudo:
  - 4 parâmetros da válvula – dimensões máximas aos 20%:
    - Diâmetro efetivo
    - Diâmetro derivado da circunferência
    - Diâmetro ao nível da coronária esquerda
    - Diâmetro mais largo ao nível dos seios Valsalva
  - Distancia do anel à coronária direita foi menor aos 10%
  - Distancia do anel à coronária esquerda foi menor aos 20ms mas não foi estatisticamente significativa com a encontrada aos 20%
  - Todas as medidas do curto eixo do anel foram significativamente maiores aos 10%>>anel apresenta morfologia mais arredondada na sístole inicial

Discussão

- Outros parâmetros (AASR; excentricidade elipse, diferença diâmetro min e máx.) >>forma oval do anel, sendo máxima aos 90%>>novas formas de prótese...

- O maior diâmetro não altera ao longo do ciclo mas o diâmetro efetivo e o diâmetro-circunferência, variam com a fase do ciclo cardíaco>>logo o maior diâmetro não é a medida ideal e nomeadamente não representa a esfericidade do anel

- A combinação de vários parâmetros é importante para a seleção da prótese adequada

Discussão

- Escolha da prótese – valores do anel:
  - Perímetro/circunferência
  - Diâmetro efetivo e médio
  - Área

  Valores máximos na sístole
  20%

- Outros parâmetros:
  - > diâmetro seios Valsalva
  - < distância do anel aos ostia
  - comprimento da cúspide direita

  Valores máximos na sístole
  10-20%

  - > diâmetro do anel
  - > diâmetro sinotubular
  - comprimento da cúspide esquerda

  Sem diferenças estatisticamente significativas ao longo do ciclo cardíaco

Discussão

- Incongruência prótese/anel
- Mal posicionamento prótese
- Calcificação acentuada aorta
- Válvula aórtica bicúspide

} regurgitação

- Próteses *oversized*
  - < regurgitação
  - Risco de rotura do anel
  - Bloqueio de ramo esquerdo>>colocação pacemaker

Limitações

- Amostra pequena
- Estudo retrospetivo
- Não inclui comparação da TC com outros métodos
- Não relaciona com o resultado do procedimento

Conclusão

- Na TC , as imagens adquiridas na fase 20% do ciclo cardíaco permitem obter as dimensões máximas das estruturas da raiz e da válvula aórtica importantes para o planeamento da TAVI e para a escolha da prótese