

---

**O Técnico de Radiologia no tratamento endovascular das patologias  
aórticas – especificidades em contexto de Intervenção**

---

Trabalho de natureza profissional para a obtenção de Título de Especialista em  
Radiologia

**Fábio Miguel de Melo Nogueira**

Professor Assistente Convidado

Instituto Politécnico de Lisboa – Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa

**2020**



---

**O Técnico de Radiologia no tratamento endovascular das patologias  
aórticas – especificidades em contexto de Intervenção**

---

Trabalho de natureza profissional na área da Radiologia, para admissão às provas públicas de obtenção do Título de Especialista em Radiologia, pelo Instituto Politécnico de Lisboa, segundo emanado no Decreto-Lei nº 206/2009 de 31 Agosto e Despacho nº1696/2010 de 25 Janeiro 2010.

**Fábio Miguel de Melo Nogueira**

Lisboa, 2020



## Resumo

---

**Introdução:** Nas patologias aórticas, o paradigma de intervenção tem mudado nos últimos tempos, assistindo-se a um aumento das abordagens endovasculares. Os objetivos deste trabalho visam a caracterização da intervenção da Cirurgia Vascular nas patologias aneurismáticas aórticas, num Centro de Referência Vascular e a determinação do perfil radiológico das abordagens endovasculares.

**Metodologia:** Foram identificadas todas as cirurgias aórticas realizadas entre 1 de janeiro de 2018 e 31 de maio de 2019. A amostra foi dividida tendo por base o tipo de abordagem (convencional vs. endovascular) e os procedimentos classificados de acordo com o critério clínico de intervenção. Para as abordagens endovasculares identificou-se a sua tipologia (eletiva vs. urgente/emergente), a equipa cirúrgica, o tipo de material implantado, o equipamento utilizado (arco móvel em C Philips® *Veradius Unit* vs. angiógrafo Philips® *Azurion*) e os principais descritores de dose de radiação.

**Resultados:** Nos 17 meses avaliados foram intervencionados 208 pacientes, 168 do género masculino e 40 do género feminino. No total realizaram-se 87 abordagens convencionais e 121 abordagens endovasculares. Destas últimas, 87 decorreram no bloco operatório central, 15 no bloco de urgência e 19 na sala de Angiografia. Nas diversas abordagens endovasculares foram implantados 120 dispositivos, sendo a Cook® a marca mais utilizada (82 procedimentos). De acordo com o local de realização dos procedimentos (bloco central, bloco de urgência e Angiografia) os tempos médios de fluoroscopia foram de 34,6 min, 23,3 min e 63,9 min, respetivamente. A *Dose-área produto* média dos procedimentos do bloco operatório central ficou-se nos 63,02 Gy.cm<sup>2</sup> e o *Air Kerma incidente* nos 336,5 mGy. O percentil 75 situou-se nos 80,3 Gy.cm<sup>2</sup> e 428 mGy. No bloco de urgência os valores de DAP e *Air Kerma incidente* médios foram de 57,33 Gy.cm<sup>2</sup> e 296,2 mGy. O percentil 75 situou-se nos 70,1 Gy.cm<sup>2</sup> para o DAP e 389 mGy para o *Air Kerma incidente*. Na angiografia os valores médios de DAP foram de 245,93 Gy.cm<sup>2</sup> e de *Air Kerma incidente* de 1975,58 mGy. O percentil 75 de ambas as grandezas de dose situou-se nos 302,92 Gy.cm<sup>2</sup> e 2436 mGy.

**Conclusão:** As abordagens endovasculares são menos invasivas que as convencionais, condicionam tempos de recuperação menores, curtos internamentos em cuidados intensivos e menor mortalidade a curto prazo, mas carecem de avaliações a longo prazo. Quando complexas, estão associadas a grande exposição à radiação, sendo necessário uma continua optimização dos procedimentos e uma seleção adequada dos pacientes a intervencionar.



## Índice Geral

---

<b>Resumo .....</b>	<b>v</b>
<b>Índice de Tabelas .....</b>	<b>ix</b>
<b>Índice de Figuras .....</b>	<b>x</b>
<b>Índice de Gráficos.....</b>	<b>xi</b>
<b>Lista de Abreviaturas .....</b>	<b>xii</b>
<b>1. Contextualização Teórica.....</b>	<b>1</b>
1.1. Anatomia Vascular Tóraco-abdominal .....	1
1.1.1. Raiz da Aorta .....	2
1.1.2. Junção Sinotubular .....	3
1.1.3. Aorta Ascendente .....	3
1.1.4. Arco Aórtico .....	3
1.1.5. Istmo Aórtico.....	4
1.1.6. Aorta Descendente Torácica.....	4
1.1.7. Aorta Abdominal .....	5
1.1.8. Histologia Aórtica.....	6
1.1.9. Fisiologia básica da Aorta.....	7
1.2. A Imagem Vascular .....	8
1.3. Patologia Vascular.....	13
1.3.1. Síndromes Aórticos Agudos.....	13
1.3.1.1. Dissecção Aórtica Aguda.....	13
1.3.1.2. Hematoma Intramural .....	15
1.3.1.3. Úlceras Aórticas Penetrantes.....	16
1.3.1.4. Ruturas Aneurismáticas.....	17
1.3.1.5. Trauma Aórtico .....	17
1.3.2. Dissecção Aórtica Tipo B Crónica .....	18
1.3.3. Aneurismas da Aorta .....	19
1.3.3.1. Aneurismas da Aorta Torácica.....	20
1.3.3.2. Aneurismas da Aorta Abdominal.....	22
1.3.4. Lesões ateroscleróticas da Aorta.....	24
1.3.5. Patologias Inflamatórias.....	25
1.3.6. Patologias Aórticas Diversas .....	26
1.3.6.1. Coartação da Aorta.....	26
1.3.6.2. Síndromes Genéticos .....	27
1.3.6.2.1. Síndrome de Marfan .....	27

1.3.6.2.2.	Síndrome de Loeys-Dietz .....	27
1.3.6.2.3.	Síndrome de Ehlers-Danlos .....	28
1.3.6.2.4.	Síndrome de Turner.....	28
1.3.6.2.5.	Doença da Aorta Torácica Familiar.....	29
1.3.6.3.	Tumores Aórticos.....	29
1.3.6.4.	Trombos Flutuantes.....	30
1.4.	Opções Terapêuticas.....	31
1.4.1.	Cirurgia Convencional.....	33
1.4.2.	Cirurgia Endovascular da Aorta Torácica.....	34
1.4.3.	Cirurgia Endovascular da Aorta Abdominal.....	40
1.4.4.	Outras Abordagens Endovasculares Aórticas.....	46
1.5.	A intervenção do Técnico de Radiologia .....	48
1.5.1.	Equipamentos .....	49
1.5.3.	Meios de Contraste .....	56
<b>2.</b>	<b>Estudo Epidemiológico .....</b>	<b>59</b>
2.1.	Introdução.....	59
2.2.	Metodologia .....	60
2.2.1.	Amostra .....	60
2.2.2.	Local do estudo .....	61
2.2.3.	Equipamentos.....	61
2.2.4.	Variáveis recolhidas.....	62
2.2.5.	Aspetos éticos e deontológicos.....	64
2.2.6.	Análise estatística.....	65
2.3.	Resultados.....	65
2.3.1.	Caracterização da amostra e dos procedimentos cirúrgicos .....	65
2.3.2.	Caracterização dos procedimentos endovasculares .....	68
2.3.2.1.	Descrição dos meios de contraste .....	76
2.4.	Discussão.....	78
2.5.	Conclusão.....	87
<b>3.</b>	<b>Considerações Finais.....</b>	<b>91</b>
<b>4.</b>	<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>92</b>

## Índice de Tabelas

---

Tabela 1 - Função das túnicas arteriais e relação com o desenvolvimento de patologias. Adaptado de Hutchison S. (2009). .....	6
Tabela 2 - Aplicabilidade dos diferentes meios complementares de diagnóstico ao estudo das patologias aórticas. Adaptado de Goldstein S. et al. (2015). CT – Computed Tomography; TTE - Transthoracic echocardiography; TEE – Transesophageal Echocardiography; MRI – Magnetic Resonance Imaging.....	12
Tabela 3 - Valor diagnóstico das diferentes modalidades de imagem nos síndromes aórticos agudos. Adaptado de Erbel et al. (2015). TTE - Transthoracic echocardiography; TOE – Transesophageal Echocardiography; CT – Computed Tomography; MRI – Magnetic Resonance Imaging.....	18
Tabela 4 - Resumo das principais características dos síndromes genéticos.. Adaptado de Goldstein S. et al. (2015). .....	29
Tabela 5 - Follow-up conservador das principais patologias aórticas. Adaptado de Goldstein S. et al. (2015). .....	31
Tabela 6 – Endopróteses aprovadas pela FDA para tratamento endovascular dos aneurismas torácicos. ....	36
Tabela 7 - Sumário dos volumes e fluxos de contraste por tipologia de injeção. Adaptado de Sidawy A et al. (2019).....	57
Tabela 8 - Marca de endoprótese utilizada por classificação cirúrgica.....	69
Tabela 9 - Valores de tempo de fluoroscopia e dose por local de realização do procedimento endovascular .....	74
Tabela 10 - Valores de tempo de fluoroscopia e dose por classificação cirúrgica.....	75
Tabela 11 – Descrição dos parâmetros de exposição à radiação por tipo de equipamento e complexidade do procedimento. ....	76
Tabela 12 - Volumes de contraste utilizados nos procedimentos cirúrgicos.....	77

## Índice de Figuras

---

Figura 1 - Localização da raiz aórtica. Adaptado de Hutchison S. (2009). .....	2
Figura 2 - Localização do arco aórtico. Adaptado de Hutchison S. (2009). .....	3
Figura 3 - Classificação dos Síndromes Aórticos Agudos. Adaptado de: ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases (2014). .....	13
Figura 4 - Classificações da disseção aórtica. Adaptado de: ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases (2014). .....	14
Figura 5 - Medições a realizar na avaliação de um AAA. Adaptado de: <a href="https://www.intechopen.com/books/aneurysm/abdominal-aortic-aneurysms-actual-therapeutic-strategies">https://www.intechopen.com/books/aneurysm/abdominal-aortic-aneurysms-actual-therapeutic-strategies</a> .....	23
Figura 6 - Zonas de landing aórticas. Adaptado de Fillinger M. et al. (2010). .....	32
Figura 7 – Aneurisma da Zona 1, tratado com TEVAR depois de debranching dos troncos supra-aórticos. Adaptado de Sidawy A. et al. (2019). .....	35
Figura 8 - Aneurisma da Zona 1, tratado com abordagem híbrida e ChEVAR – Endodebranching. Adaptado de Sidawy A. et al. (2019). .....	37
Figura 9 – Endopróteses ramificadas para tratamento dos aneurismas do arco aórtico. A) Zenith arch branched device (Cook® Medical); B) Conformable GORE® TAG® thoracic branch endoprosthesis (Gore & Associates); C) Valiant® Mona LSA device (Medtronic®); D) Nexus™ aortic arch system (Endospan™); e E) Ascending Thoracic Device based on the Relay NBSTM Plus® (Bolton Medical). .....	38
Figura 10 – Endoprótese fenestrada (FEVAR). Adaptado de Timaran C. et al. (2017). .....	43
Figura 11 – Endoprótese ramificada para quatro vasos. Adaptado de Sidawy A. et al. (2019). .....	45
Figura 12 – Revascularização da aorta distal com recurso ao CERAB. Adaptado de Grimme F. et al. (2015). .....	46
Figura 13 – Esquema do planeamento do STABILISE na disseção aórtica. * Falso lúmen ** Verdadeiro lúmen. Adaptado de Melissano G. et al. (2018). .....	48
Figura 14 – Equipamentos utilizados em cirurgia vascular. A – Arco móvel em C; B – Angiógrafo com montagem de teto; C – Angiógrafo montado em sala híbrida. ....	50
Figura 15 - Disposição da equipa cirúrgica num procedimento endovascular. Adaptado de Joh J. (2019). .....	53

Figura 16 - Aortografia com recurso a injeção de CO2. Adaptado de Mendes C et al. (2016). .....	56
Figura 17 - Grandezas dosimétricas e respetivo local de medição. Adaptado de: IAEA, 2007.....	63
Figura 18 - Relatório de dose do equipamento Philips® Veradius Unit. ....	64
Figura 19 - Relatório de dose do equipamento Philips® Azurion. ....	64
Figura 20 – Imagens relativas à intervenção endovascular num BEVAR e respetivo relatório de dose.....	70
Figura 21 – Imagens relativas à intervenção endovascular num ChEVAR e respetivo relatório de dose.....	71
Figura 22 – Imagens relativas à intervenção endovascular em simultâneo num BEVAR e TEVAR e respetivo relatório de dose. ....	72
Figura 23 – Imagens relativas à intervenção endovascular num TEVAR em rutura, com referências ao pré e pós-operatório.....	72
Figura 24 – Imagens relativas à intervenção endovascular num FEVAR e EVAR em simultâneo, com referências ao relatório de dose do procedimento. ....	73

## Índice de Gráficos

---

Gráfico 1 - Caracterização dos pacientes intervencionados por género e tipo de intervenção cirúrgica. ....	65
Gráfico 2 - Classificação das cirurgias convencionais.....	66
Gráfico 3 - Classificação das cirurgias endovasculares .....	67
Gráfico 4 - Caracterização das cirurgias por equipa cirúrgica .....	68
Gráfico 5 - Marca de material endovascular utilizado.....	68
Gráfico 6 - Caracterização dos produtos de contraste utilizados.....	78

## Lista de Abreviaturas

---

<b>µm</b> – micrómetro	<b>LDL</b> – <i>Low density lipoprotein</i>
<b>AAA</b> – Aneurisma da Aorta Abdominal	<b>MHz</b> – Megahertz
<b>AAT</b> – Aneurisma da Aorta Torácica	<b>MIP</b> – <i>Maximum Intensity Projection</i>
<b>Al</b> – Alumínio	<b>MRI</b> – <i>Magnetic Resonance Imaging</i>
<b>ATA</b> – Aneurisma Tóraco-abdominal	<b>PAU</b> – <i>Penetrating Aortic Ulcer</i>
<b>ATBAD</b> – <i>Acute Type B Aortic Dissection</i>	<b>RM</b> – Ressonância Magnética
<b>BAV</b> – <i>Bicuspid Aortic Valve</i>	<b>STABILISE</b> – <i>Stent assisted balloon induced intimal disruption and relamination in aortic dissection repair</i>
<b>BEVAR</b> – <i>Branched Endovascular Aneurysm Repair</i>	<b>TC</b> – Tomografia Computorizada
<b>CERAB</b> – <i>Covered Endovascular Reconstruction of Aortic Bifurcation</i>	<b>TEE/TOE</b> – <i>Transesophageal/Transoesophageal Echocardiography</i>
<b>cm</b> – centímetro	<b>TEVAR</b> – <i>Thoracic Endovascular Aortic Repair</i>
<b>CT</b> – <i>Computed Tomography</i>	<b>TFT</b> – <i>Thin-Film Transistor</i>
<b>Cu</b> – Cobre	<b>TREAT</b> – <i>Time-resolved Echo-shared Angiographic Technique</i>
<b>DAP</b> – Dose Área Produto/ <i>Dose Area Product</i>	<b>TTE</b> – <i>Transthoracic echocardiography</i>
<b>DPOC</b> – Doença Pulmonar Obstrutiva Crónica	<b>TWIST</b> – <i>Time-resolved Angiography with Interleaved Stochastic Trajectories</i>
<b>ECG</b> – Eletrocardiograma	<b>VRT</b> – <i>Volume Rendering Technique</i>
<b>ESK</b> – <i>Entrance Surface Air Kerma</i>	
<b>EVAR</b> – <i>Endovascular Aneurysm Repair</i>	
<b>f/s</b> – Frames por segundo	
<b>FDA</b> – <i>Food and Drug Administration</i>	
<b>FEVAR</b> – <i>Fenestrated Endovascular Aneurysm Repair</i>	
<b>Gy</b> – Gray	
<b>IBD</b> – <i>Iliac Branch Device/ Endoprótese de bifurcação ilíaca</i>	
<b>IMH</b> – <i>(Aortic) Intramural Hematoma</i>	
<b>KAP</b> – <i>Kerma Area Product</i>	
<b>kV</b> – Potencial de ampola (kilovoltagem)	
<b>kW</b> – Quilowatt	
<b>LCR</b> – Líquido Cefalorraquidiano	

## **1. Contextualização Teórica**

As patologias aórticas, além de numerosas, apresentam-se de diversas formas e requerem, no seu diagnóstico e tratamento, a presença de diversos profissionais, desde médicos de família, profissionais de emergência médica, cardiologistas, cirurgiões cardiotorácicos, cirurgiões vasculares, médicos radiologistas, técnicos de radiologia, técnicos de cardiopneumologia, clínicos de medicina intensiva, entre outros. Tão vasta equipa deve-se, essencialmente, à forma catastrófica como muitas das patologias emergem, onde a ausência de uma resposta rápida e experiente pode resultar em morte. Os últimos anos foram excelentes no que respeita aos avanços nos tratamentos não invasivos das múltiplas patologias aórticas, pelo que, de forma sumária, nesta contextualização teórica pretende-se: 1) resumir os principais aspetos das anatomia vascular tóraco-abdominal; 2) evidenciar as principais patologias aórticas; 3) descrever os métodos de imagem utilizados na avaliação aórtica; 4) identificar as opções terapêuticas atuais, com enfoque na abordagem endovascular; e 5) descrever o papel do técnico de radiologia no diagnóstico e tratamento das patologias aórticas.

### **1.1. Anatomia Vascular Tóraco-abdominal**

De forma geral, podemos definir as artérias como canais constituídos por três túnicas, responsáveis pelo transporte sanguíneo até aos tecidos, em cada sístole ventricular. As artérias têm origem em dois troncos volumosos, a aorta, que emerge do ventrículo esquerdo, e o tronco pulmonar, com origem no ventrículo direito, constituindo-se assim dois sistemas arteriais: o sistema da grande circulação ou sistema aórtico; e o sistema da pequena circulação ou sistema pulmonar(1).

A aorta, pela sua dimensão e importância na estabilidade hemodinâmica dos indivíduos é uma estrutura anatómica central. Os seus vários segmentos estão sujeitos a diferentes patologias, têm diferentes características na imagem, possuem ramos de distinta relevância, são abordados por diferentes técnicas cirúrgicas e servem diferentes funções fisiológicas. A sua anatomia microscópica determina, em parte, a suscetibilidade de cada segmento às diversas patologias(2).

### 1.1.1. Raiz da Aorta

A raiz da aorta é o segmento aórtico intrapericárdico, contido entre o anel valvular aórtico e a junção sinotubular, incluindo os seios de Valsalva, tal como demonstra a figura 1. Consiste em três dilatações arredondadas (o seio direito, o seio esquerdo e o seio não coronário) ao nível dos folhetos da válvula aórtica que permitem que os mesmos se abram a 90°. O seu diâmetro normal é de  $2,9 \pm 0,4$  cm(2).

As alterações da raiz aórtica conduzem a modificações da função valvular, sendo que a sua dilatação diminui a coaptação dos folhetos e a disseção reduz a suspensão e leva ao prolapso. Normalmente, do seio esquerdo nasce o óstio coronário esquerdo e da porção superior do seio coronário direito nasce o óstio coronário direito, sendo que em algumas válvulas aórticas



Figura 1 - Localização da raiz aórtica. Adaptado de Hutchison S. (2009).

bicúspides apenas temos presentes dois seios, emergindo deles a artéria coronária direita e a artéria coronária esquerda(2).

As patologias que mais frequentemente envolvem esta área anatómica são a extensão do abscesso da endocardite da válvula aórtica, disseção (rutura no espaço pericárdico e rutura ostial coronária), hematoma intramural, aneurisma (isolado a um seio de Valsalva ou envolvendo toda a raiz), fístula do seio de Valsalva, falso aneurisma, aortite (infeciosa e não infecciosa), trauma e aterosclerose.

O seu estudo imagiológico é dificultado pelo seu constante movimento (cerca de 1,5cm por ciclo cardíaco). O recurso à Tomografia Computorizada (TC) com sincronização do ciclo cardíaco favorece o seu estudo, no entanto a presença de artefactos resultantes da passagem do meio de contraste na veia cava superior podem dificultar a avaliação anatómica, bem como a presença de eletrocater ou válvula aórtica mecânica. O recurso à ecocardiografia é útil na avaliação da raiz aórtica, mas é a ecocardiografia transesofágica que melhor detalha esta área anatómica(2).

Desta forma podemos concluir que a relevância clínica da raiz da aorta se deve à gravidade das lesões que a afetam, bem como às alterações anatómicas que lhe estão associadas, algumas delas congénitas. A sua abordagem cirúrgica é habitualmente convencional, por esternotomia mediana e requer circulação extracorpórea, sendo que a substituição da raiz aórtica requer implantação das artérias coronárias. A sua abordagem endovascular é ainda um desafio técnico(2).

### 1.1.2. Junção Sinotubular

A junção sinotubular é bem definida e resulta da junção dos seios de Valsalva (arredondados e largos) à aorta ascendente (tubular e de menor calibre). O apagamento da junção sinotubular sugere ectasia anuloaórtica, presente no síndrome de Marfan e em contextos clínicos de presença de válvula aórtica bicúspide(2).

Normalmente, a junção sinotubular tem a mesma dimensão do anel aórtico, sendo o seu diâmetro normal de  $2,6 \pm 0,3$  cm. Esta confere suporte à porção superior das comissuras da válvula aórtica (junção de dois folhetos valvulares), sendo que uma perda de suporte a este nível resulta em prolapso, má coaptação central e insuficiência aórtica(2).

### 1.1.3. Aorta Ascendente

A aorta ascendente estende-se desde a junção sinotubular à emergência do primeiro grande vaso do arco aórtico, a artéria inominada (tronco braquiocefálico arterial), sendo mais fácil esta diferenciação ao nível da curvatura externa do arco. O seu trajeto é intrapericárdico e relaciona-se com o pericárdio, com o timo e com a parede torácica, anteriormente, com a aurícula direita e com a artéria pulmonar, posteriormente, com a veia cava à direita e com o tronco pulmonar à esquerda(1).

Este segmento aórtico é bastante acometido por dissecções, aneurismas e hematomas e a sua abordagem é por cirurgia convencional na grande maioria dos casos.

### 1.1.4. Arco Aórtico

O arco aórtico, evidenciado na figura 2, tem uma orientação posterior da direita para a esquerda e da sua superfície nascem três vasos que são cruzados anteriormente pela veia braquiocefálica esquerda. É extrapericárdico, relacionando-se com a artéria pulmonar direita, o brônquio principal esquerdo, o nervo laríngeo recorrente esquerdo e a porção superior da aurícula esquerda. O esófago situa-se na porção posterior esquerda do arco e a traqueia na porção posterior direita(1,2).

Os seus ramos são o tronco braquiocefálico arterial (do qual emergem a artéria carótida primitiva direita e a artéria subclávia direita), a artéria carótida primitiva esquerda e a artéria subclávia



Figura 2 - Localização do arco aórtico. Adaptado de Hutchison S. (2009).

esquerda, no entanto, são muitas as variações anatómicas do arco aórtico(2).

Esta área anatómica é menos suscetível a artefactos de movimento aquando do seu estudo imagiológico por TC. A ecocardiografia não dispõem de boas janelas acústicas para o seu estudo, recorrendo-se a abordagens supraesternais e supraclaviculares para uma melhor avaliação. A presença de ar na traqueia dificulta bastante a avaliação por ecocardiografia transtorácica(2).

#### **1.1.5. Isthmo Aórtico**

O istmo aórtico representa a zona de união entre o arco aórtico e a aorta descendente, situando-se logo depois do óstio da artéria subclávia esquerda e terminando ao nível do ducto arterial (conecta a aorta descendente ao tronco da artéria pulmonar). É uma área relativamente fixa, pelo que, sujeita a lesão nos traumatismos torácicos fechados. O seu calibre é menor que o da aorta ascendente e arco aórtico devido à diminuição do volume sanguíneo a este nível, por derivação para os troncos supra-aórticos, havendo um aumento de calibre distal ao istmo por entrada de sangue proveniente do canal arterial patente, que se transforma no ligamento arterial três semanas após o nascimento(2).

#### **1.1.6. Aorta Descendente Torácica**

A aorta descendente é a porção vertical deste vaso desde o istmo até ao diafragma(2). Na sua porção superior, a aorta descendente situa-se à esquerda da linha média e, na porção inferior, vai-se aproximando da mesma, sem a tocar, alcançando o hiato aórtico do diafragma ao nível da 12<sup>a</sup> vértebra torácica, onde se continua como aorta abdominal(1).

A sua porção mais proximal relaciona-se, posteriormente, com a extremidade posterior das costelas e com o tronco simpático torácico esquerdo; anteriormente, com o brônquio esquerdo; à esquerda com a pleura e o pulmão esquerdos; e à direita com os corpos das vértebras torácicas. A sua porção inferior relaciona-se, anteriormente, com o esófago e, posteriormente, com as vértebras torácicas, com a veia ázigos e com o ducto torácico. Os seus ramos colaterais são as artérias brônquicas, as artérias esofágicas médias, as artérias mediastínicas e as artérias intercostais posteriores (das quais se destaca a artéria radicular magna ou de Adamkiewicz), sendo a aorta abdominal o seu ramo terminal(1). Aquando da sua avaliação imagiológica, a aorta descendente é pouco suscetível a movimento, sendo a TC um excelente método de avaliação. A ecocardiografia, pela falta de janelas acústicas, não é o método indicado, enquanto a ecografia transesofágica

possibilita uma boa análise deste segmento anatómico, ainda que com a presença de alguns artefactos(2).

As grandes variações anatómicas a este nível são a existência de uma aorta descendente direita, uma origem aberrante da artéria subclávia direita e a presença de divertículo ductal. Sendo o espaço pleural esquerdo confinado à aorta descendente, a sua intervenção convencional requer uma boa função pulmonar direita. A rutura aórtica a este nível ocorre para o mediastino ou cavidade pleural, podendo ser catastrófica. Como a cirurgia convencional é de elevado risco tem havido um grande desenvolvimento na abordagem endovascular deste segmento anatómico(2).

### **1.1.7. Aorta Abdominal**

A aorta abdominal inicia-se ao nível da 11<sup>a</sup> vértebra dorsal e termina ao nível do disco intervertebral L4/L5, onde origina ramos terminais, a artéria sagrada média e as duas artérias ilíacas comuns. Relaciona-se com a coluna vertebral, posteriormente ao peritoneu, e em toda a sua extensão está envolvida por tecido celular adiposo e relacionada com o plexo periaórtico. O seu flanco direito relaciona-se com a veia cava inferior e o flanco esquerdo com o pilar do diafragma, com a glândula suprarrenal esquerda e com o polo superior do rim. O seu flanco posterior está em contacto com os corpos vertebrais da 12<sup>a</sup> vértebra dorsal e as quatro primeiras vértebras lombares. O flanco anterior está separado dos órgãos abdominais pelo peritoneu parietal posterior, apresentando relações com a porção celíaca, a porção pancreático-duodenal e a porção infra-duodenal(1).

Os seus ramos colaterais viscerais são o tronco celíaco, a artéria mesentérica superior, as artérias suprarrenais médias, as artérias renais, as artérias genitais e a artéria mesentérica inferior. Os ramos colaterais parietais são a artéria frénica inferior e as artérias lombares(1).

O envolvimento patológico da aorta abdominal é dominado pela doença aterosclerótica e aneurismática. Este é o segmento aórtico de maior incidência de dilatações aneurismáticas, sendo a TC o método de eleição na sua avaliação imagiológica. Uma detalhada avaliação anatómica desta área é essencial para correta classificação do aneurisma e determinação do tipo de endoprótese a colocar ou do tipo de clampagem aórtica a realizar em caso de cirurgia convencional(2).

### 1.1.8. Histologia Aórtica

A artéria aorta, pelo seu calibre, é constituída por três camadas de tecido: a túnica íntima, a túnica média e a túnica adventícia(2), como demonstra a tabela 1.

Tabela 1 - Função das túnicas arteriais e relação com o desenvolvimento de patologias. Adaptado de Hutchison S. (2009).

Layer	Function in Health	Loss of Function Consequences in Disease
Intima	Antithrombotic Antiatherosclerotic	Atherosclerotic plaques, stenoses, ulcers, thrombi
Media	Elastic tissue layers enable accommodation of the stroke volume at physiologic pulse pressure and store energy to be released passively in diastole, passively propelling blood forward. Fibrous tissue layers resist overdistention of the aorta and rupture.	Sclerosis, atherosclerosis, and overdistention (hypertension) result in excessive stiffness, increasing the pulse pressure. Weakness leads to aneurysm, dissection, intramural hemorrhage, and rupture. Concentric layering of the wall elements enables propagation of dissection proximally and distally.
Adventitia	Wrap (nutritive) layer	Rupture, disease invasion

A estrutura básica da camada íntima consiste no endotélio (tecido epitelial pavimentoso simples) que reveste o vaso internamente e no tecido conjuntivo subendotelial. Sem patologia e/ou trauma, a íntima é capaz de resistir aos processos de aterosclerose e trombose. Na presença de fatores de risco, como a hipertensão, tabagismo, dislipidemia e diabetes, há uma elevada probabilidade desta ser afetada pela deposição de placas de ateroma, por úlceras e trombos(2).

A camada média arterial é constituída essencialmente por lâminas elásticas dispostas concentricamente, situando-se entre elas células musculares lisas. Na aorta, a proporção de elastina/colagénio é de 70:30 na aorta proximal (segmento mais amortecedor) e 50:50 na aorta distal, contrapondo com a proporção de 30:70 nas artérias periféricas. Esta composição histológica da média possibilita que a aorta se acomode ao volume sistólico e pressões fisiológicas (função de amortecimento), armazene energia aquando da sua distensão e a liberte para bombear passivamente o sangue e garanta suporte para os ramos colaterais. Na presença de patologia congénita que afete a túnica média, como a presença de uma válvula aórtica bicúspide, síndrome de Marfan ou síndrome de Ehlers-Danlos ou de distúrbios adquiridos (hipertensão ou trauma) ocorre: 1) distensão e rigidez, resultando na incapacidade de receber um volume sistólico a pressões fisiológicas, o que resulta no aumento da velocidade da onda de pulso e hipertensão sistólica; 2) dilatação e enfraquecimento, resultando em aneurismas, disseções entre camadas ou formação de hematomas intramurais e 3) deposição de placas de ateroma, podendo resultar em maior rigidez e estenose(2).

A camada adventícia é a camada mais externa composta por colagénio e o *vasa vasorum*, o suprimento sanguíneo para a própria aorta. Desta forma, a adventícia tem um papel de destaque nas necessidades metabólicas da aorta e atua como fina barreira à rutura. Do

ponto de vista patológico, a adventícia é a via de invasão de algumas infecções e nas áreas de menor *vasa vasorum* parece haver uma maior possibilidade de desenvolvimento de aterosclerose(2).

### **1.1.9. Fisiologia básica da Aorta**

O sistema cardiovascular, regulado pelo sistema nervoso autónomo, possibilita a chegada de sangue a todos os tecidos, impulsionado pelas contrações rítmicas do coração(3).

Ao longo dos cerca de 1,2 metros de comprimento aórtico existem atrasos na transmissão da pressão e no fluxo sanguíneo. Estima-se que o atraso na transmissão de pressão entre a aorta proximal e distal seja de 0,8 s e que o atraso temporal na propagação do volume seja de 3s (ainda que muito dependente da função cardíaca). Sendo a válvula aórtica competente, o sangue proveniente do ventrículo esquerdo será lançado na aorta e impulsionado até à aorta distal(2). Podemos então concluir que, a fisiologia da circulação sanguínea humana compreende dois grandes processos: 1) o bombeamento sanguíneo pelo coração e 2) o transporte sanguíneo a todos os tecidos pelo leito vascular.

No transporte sanguíneo há três grandes fatores que influenciam a forma como o sangue circula, sendo eles o fluxo sanguíneo, a pressão arterial e a resistência periférica(3).

O fluxo sanguíneo é a quantidade de sangue que se move por todo o sistema cardiovascular (ou numa área específica) num determinado intervalo de tempo. O fluxo de sangue total é determinado pelo débito cardíaco, isto é, a quantidade de sangue que o coração é capaz de bombear por minuto. A pressão sanguínea é a força que o sangue exerce contra a parede de um vaso, dividida pela sua área. A pressão dentro das artérias, ou qualquer vaso sanguíneo, decresce à medida que cresce a distância ao coração. Tal efeito é explicado pela resistência periférica, ou seja, a oposição ao fluxo sanguíneo resultante do atrito que se desenvolve à medida que o sangue passa pelos vasos. A resistência periférica será tanto maior quanto maior a viscosidade sanguínea, menor o raio do vaso sanguíneo e mais longo for o vaso(3).

A aorta possui uma relação pressão passiva/volume que reflete a interação do volume aórtico com a sua rigidez, que depende em parte, da quantidade de elastina presente nas suas paredes (superior na aorta proximal e inferior na aorta distal), tornando-a numa espécie de bomba passiva. Desta forma, quando maior o volume dentro da aorta maior será a sua pressão, até um certo limite, a partir do qual a resposta à pressão será apenas determinada pelas propriedades colagénias da parede e não pela presença de elastina.

Mas esta relação não é linear e muda com a idade, a existência de doença e a remodelação do próprio vaso.

O pulso aórtico e a onda de pressão saem a alta velocidade do coração quando a válvula aórtica se abre, propagando-se mais rapidamente à medida que avançam para a periferia, pois a velocidade de propagação é inversamente proporcional à complacência da aorta (resistência ao regresso às dimensões originais após a remoção do pulso distensivo), resultante da menor percentagem de elastina na parede dos vasos periféricos. A velocidade de propagação da onda de pulso é de 4 m/s na aorta proximal, 6 m/s na aorta abdominal e 12 m/s nas artérias periféricas. Se a aorta é saudável, complacente e um condutor lento da onda de pulso, a onda refletida retorna após a conclusão da sístole, na diástole, o que origina uma onda de pressão diastólica – a onda de pressão refletida(2). Concluindo a aorta apresenta diversas funções. Pela sua constituição, principalmente no que à camada íntima diz respeito, tem a capacidade de resistir à aterosclerose e trombose. No que concerne à sua fisiologia, a aorta serve de: 1) condutor, canalizando o sangue desde o coração até à periferia, sem perda de energia por turbulência ou resistência; 2) amortecedor, aceitando e acomodando o volume de sangue ejetado aquando da sístole, com um aumento de pressão tolerável (ocorre uma distensão aórtica de 4% com a sístole); 3) capacitor/condensador, na medida que acumula energia potencial nas fibrilhas de elastina durante a distensão na sístole e a liberta na diástole; e 4) bomba, pois liberta a energia acumulada e possibilita a propagação sanguínea(2,4).

## **1.2. A Imagem Vascular**

A avaliação das patologias vasculares aórticas é, primariamente, clínica, sendo os sintomas orientadores da possível patologia em causa. Situações agudas de dor torácica ou abdominal com irradiação posterior para as pernas e virilhas são sugestivas de disseção aórtica ou síndrome aórtico agudo. Já a presença de tosse, dispneia ou disfagia pode estar associada a aneurisma torácicos, enquanto a presença de um abdómen pulsátil ou um desconforto abdominal constante pode significar a existência de um aneurisma abdominal(5). Uma correta avaliação da sintomatologia descrita pelo paciente, associada à avaliação laboratorial de diversos biomarcadores é essencial a um correto diagnóstico. No entanto, são diversos os meios complementares de diagnóstico baseados na imagem capazes promover um diagnóstico mais eficaz(5).

A aorta é um vaso tortuoso, com diferentes calibres ao longo de todo o seu trajeto e com diversos ramos que necessitam ser devidamente avaliados. As medições são essenciais a uma boa caracterização destas estruturas anatómicas, bem como a sua avaliação

multiplanar. O recurso ao mesmo método de imagem no diagnóstico e na evolução das lesões ou tratamento é útil e favorece uma melhor comparação entre os diferentes períodos, sendo imperativo que quem realiza, pós-processa e interpreta os exames esteja devidamente preparado.

Na avaliação vascular, a **Radiologia Convencional** tem um papel bastante limitado. As alterações aórticas são achados, sendo a radiografia torácica ou abdominal realizada com outro intuito. O valor deste exame é reduzido, principalmente no que à aorta ascendente diz respeito. Além disso, um normal contorno aórtico não pode ser interpretado como a inexistência de uma qualquer patologia a este nível(5).

No entanto, a radiografia torácica pode identificar muitas alterações vasculares e é essencial no diagnóstico de muitas condições patológicas que terão impacto na intervenção vascular, nomeadamente: 1) alargamento do mediastino; 2) alterações do arco aórtico (poderão indicar dilatação aórtica, presença de dupla densidade no caso de existência de dois lumens, contorno irregular e indefinido); 3) deslocamento do cálcio existente na íntima do vaso; 4) discrepância de diâmetros entre a aorta ascendente e descendente; 5) deslocamento da traqueia, brônquio principal esquerdo e esófago; e 6) presença de derrame pleural(4).

A **Ultrassonografia** é um outro método imagiológico de relevo na avaliação das patologias aórticas. A ecografia é o exame de eleição no diagnóstico das alterações da aorta abdominal, permitindo uma correta avaliação do tamanho, espessura e lesões da parede (trombos ou placas), estando bastante disponível e sendo de baixo custo. A fisiologia aórtica pode facilmente ser avaliada por *doppler*, sendo o *color doppler* determinante na avaliação das dissecções, nomeadamente na identificação de fluxo sanguíneo nos verdadeiro e falso lumens, potenciais reentradas e/ou obstruções. O recurso a meios de contraste possibilita uma adequada deteção e quantificação de *endoleaks* quando utilizada no *follow-up* dos doentes intervencionados. O recurso a transdutores de baixa frequência (2,5 a 5 MHz), convexos e *phased-array* possibilita uma adequada visualização da aorta. Esta deve ser estudada em cortes transversais e longitudinais desde o diafragma até à bifurcação nas artérias ilíacas comuns. A aquisição de imagens com o transdutor verdadeiramente perpendicular em relação ao eixo aórtico, possibilita a identificação dos diâmetros ântero-posterior e látero-medial, este menos preciso, em parte devido à tortuosidade aórtica(4,6).

A avaliação da aorta na realização de um ecocardiograma é habitual, no entanto a ecocardiografia transtorácica apenas tem interesse na visualização de alguns segmentos aórticos. A avaliação da aorta proximal com recurso a cortes paraesternais e cortes apicais modificados possibilita uma boa caracterização da emergência (raiz) aórtica, no

entanto as paredes são visualizadas com limitações de resolução lateral. Também a válvula aórtica, muitas vezes envolvida nas patologias proximais do vaso, é acessível através da abordagem transtorácica. A abordagem supraesternal é essencial na avaliação do arco aórtico e dos vasos que dele emergem permitindo o diagnóstico de aneurismas, placas calcificadas, trombos e até mesmo dissecções. A avaliação transversal da aorta descendente é possível em cortes paraesternais e na visualização simultânea das quatro câmaras cardíacas, no entanto é impossível uma total visualização da aorta descendente. O doppler contínuo é útil no estudo da coartação aórtica e o doppler colorido permite o diagnóstico de um *ductos arteriosus* patente(5,7).

A ecografia transesofágica, dada a proximidade anatômica entre o esôfago e a aorta, permite a visualização deste vaso com alta resolução (devido ao uso de transdutores de elevada frequência). Esta é semi-invasiva, na medida em que necessita de sedação e um controlo rigoroso da pressão arterial, só podendo ser utilizada na ausência de patologias esofágicas. Apesar de possibilitar a visualização de quase toda a aorta ascendente e descendente torácica, há um pequeno segmento distal da aorta ascendente que, devido à interposição do brônquio direito e traqueia, imediatamente antes da artéria inominada (tronco braquiocefálico arterial), permanece invisível(5,7).

A ultrassonografia intravascular fornece informação dinâmica na avaliação das dissecções, possibilitando uma identificação mais precisa dos dois lumens, bem como a deteção de trombose do falso lúmen com maior sensibilidade e especificidade. Dada a sua componente invasiva, está mais indicada em situações intraoperatórias.(7)

A **Ressonância Magnética** (RM), enquanto método imagiológico, é importante na distinção entre o fluxo sanguíneo e a parede aórtica. Dada a sua elevada resolução de contraste e resolução espacial é capaz de uma abrangente avaliação da doença aórtica, o que associado à ausência de radiação ionizante e capacidade de quantificar parâmetros funcionais e anatómicos levam a que possa ser ponderada pelos clínicos(8).

A Angio-RM é a técnica mais utilizada no estudo da aorta, podendo ser realizada com ou sem administração de contraste. O recurso aos quelatos de gadolínio diminui o tempo T1 dos tecidos e possibilita um elevado sinal intravascular, ao invés de explorar o movimento inerente ao fluxo sanguíneo ou as alterações de fase entre os *spins* em movimento versus estacionários, resultando num menor número de artefactos de fluxo e sendo útil na avaliação dos *flaps* de dissecção, na avaliação dos fluxos lentos no falso lúmen, na caracterização dos hematomas intramurais e nas patologias inflamatórias (aortites)(7,8).

O recurso à RM é limitado devido à sua baixa disponibilidade, sendo igualmente mais difícil de ponderar em situações agudas com paciente muito instáveis, onde o fator tempo

é decisivo. Apesar de rara, a fibrose sistémica nefrogénica é uma complicação crítica associada ao uso do gadolínio, que deve ser tida em conta, principalmente nos pacientes da cirurgia vascular, porque muitos deles são portadores de graves insuficiências renais(5,7,8).

O recurso a bobines *phased array* e sequências de imagem ecoplanares reduz significativamente os tempos de aquisição, tornando o realce vascular num processo dinâmico e transitório onde o essencial é definir o momento adequado à aquisição de imagem. As sequências TWIST (*time-resolved angiography with interleaved stochastic trajectories*) e TREAT (*time-resolved echo-shared angiographic technique*) possibilitam a aquisição de toda a aorta, com sincronização do eletrocardiograma (ECG), em tempos muito curtos e com elevada resolução temporal(7).

A **Tomografia Computorizada** ocupa um papel central no diagnóstico, estratificação do risco e gestão das patologias aórticas. Esta permite uma rápida aquisição de imagem e pós-processamento, estando rapidamente disponível uma avaliação 3D dos vasos, facilitando assim a avaliação clínica(5).

A aquisição dos dados sincronizada com o ECG é essencial à redução dos artefactos de movimento, sendo imperativo que o equipamento disponha de múltiplos detetores (idealmente mais de 64) para maximização da resolução espacial e temporal. O protocolo engloba uma aquisição sem contraste, para caracterização das calcificações presentes, seguida de uma aquisição com injeção de meio de contraste, sendo importante a aquisição de tempos tardios após a implantação endovascular de próteses, com o intuito de detetar a presença de *endoleaks*(5,7,8).

Com recurso à TC é possível uma correta avaliação dos segmentos lesados, estimar o diâmetro máximo das dilatações, quantificar estenoses, avaliar a presença de placas de ateroma ou trombos, identificar hematomas intramurais ou úlceras penetrantes e avaliar todos os ramos aórticos, caracterizando assim a extensão da lesão. A caracterização de toda a aorta é importante no planeamento das intervenções endovasculares aórticas, sendo a TC importante na correta avaliação dos *sinus* de Valsalva, da junção Sinotubular e da morfologia da válvula aórtica(5).

As desvantagens da TC passam pela necessária administração de contraste e exposição à radiação ionizante, limitando um pouco o seu papel no que ao seguimento das lesões diz respeito.

A **Angiografia** foi, durante muito tempo, o *gold standard* na avaliação vascular, tendo perdido alguma importância com o desenvolvimento da TC, principalmente no que ao diagnóstico diz respeito. Em Portugal, o recurso à punção translombar da aorta, com *Reynaldo Dos Santos*, possibilitou a avaliação de múltiplos eixos aorto-íliacos, mas foi

com *Sven-Ivar Seldinger* que a avaliação vascular teve um enorme avanço, com o desenvolvimento da técnica de Seldinger para cateterização seletiva retrógrada da femoral. Esta técnica, associada ao contínuo aperfeiçoamento de fios-guia, cateteres e equipamentos fluoroscópicos dedicados tem permitido a realização de estudos aórticos(9). A Angiografia possibilita uma correta avaliação da forma e tamanho aórticos, bem como a identificação de diversas alterações à normalidade, sendo pouco útil na avaliação das patologias da parede aórtica e na presença de pequenos aneurismas bastante trombosados. Apesar de menos acessível que outros métodos de imagem, a grande vantagem da Angiografia reside na sua vertente terapêutica, possibilitando a reparação de muitas das patologias aórticas, sendo imperativo que os centros de referência das patologias vasculares disponham deste tipo de método de imagem(10). Ainda que muitos procedimentos possam ser realizados em sistemas móveis, são os equipamentos fixos que melhor imagem permitem, algo essencial nos procedimentos endovasculares complexos. A aortografia proporciona uma avaliação de toda a aorta e dos seus ramos, tendo de se recorrer, por vezes, a cateterizações seletivas e supra-seletivas para melhor caracterização das patologias. Além do mais, a avaliação da aorta pode ser complementada com a avaliação cardíaca, algo cada vez mais frequente quando nos referimos à patologia cardiovascular(5).

Na tabela 2 é possível rever as principais vantagens e desvantagens dos vários métodos de imagem utilizados na avaliação das patologias vasculares aórticas.

Tabela 2 - Aplicabilidade dos diferentes meios complementares de diagnóstico ao estudo das patologias aórticas. Adaptado de Goldstein S. *et al.* (2015). CT – Computed Tomography; TTE - Transthoracic echocardiography; TEE – Transesophageal Echocardiography; MRI – Magnetic Resonance Imaging.

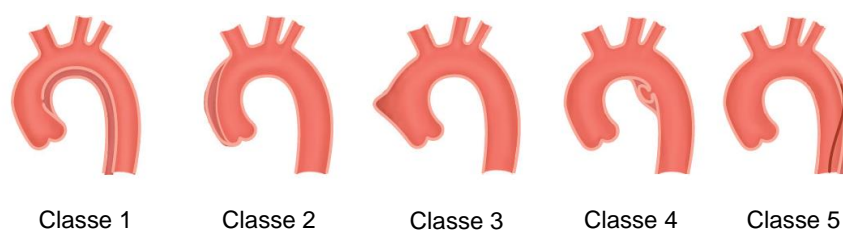
Modality	Recommendation	Advantages	Disadvantages
CT	First-line	<ul style="list-style-type: none"> <li>Initial test in &gt;70% of patients*</li> <li>Widely available, quickest diagnostic times</li> <li>Very high diagnostic accuracy</li> <li>Relatively operator independent</li> <li>Allows evaluation of entire aorta, including arch vessels, mesenteric vessels and renal arteries</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ionizing radiation exposure</li> <li>Requires iodinated contrast material</li> <li>Pulsation artifact in ascending aorta (can be improved with ECG gating)</li> </ul>
TEE	First- and second-line	<ul style="list-style-type: none"> <li>Very high diagnostic accuracy in thoracic aorta</li> <li>Widely available, portable, convenient, fast</li> <li>Excellent for pericardial effusion, and presence, degree and mechanism(s) of AR and LV function</li> <li>Can detect involvement of coronary arteries</li> <li>Safely performed on critically ill patients, even those on ventilators</li> <li>Optimal procedure for guidance in OR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Operator dependent (depends on skill of operator)</li> <li>"Blind spot" upper ascending aorta, proximal arch</li> <li>Not reliable for cerebral vessels, celiac trunk, SMA, etc.</li> <li>Reverberation artifacts can potentially mimic dissection flap (can be differentiated from flaps in vast majority)</li> <li>Semi-invasive</li> </ul>
TTE	Second-line	<ul style="list-style-type: none"> <li>Often initial imaging modality in ER</li> <li>Provides assessment of LV contractility, pericardial effusion, RV size and function, PA pressure</li> <li>Presence and severity of AR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensitivity not sufficient distal to aortic root</li> <li>Descending thoracic aorta imaged less easily and accurately</li> <li>Misses IMH and PAU</li> </ul>
MRI	Third-line	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D multiplanar, and high resolution</li> <li>Very high diagnostic accuracy</li> <li>Does not require ionizing radiation or iodinated contrast</li> <li>Appropriate for serial imaging over many years</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Less widely available</li> <li>Difficult monitoring critically ill patients</li> <li>Not feasible in emergent or unstable clinical situations</li> <li>Longer examination time</li> <li>Caution with use of gadolinium in renal failure</li> </ul>
Angiography	Fourth-line	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rarely necessary</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Often misses IMH (up to 10%–20% of ADs)</li> <li>Long diagnostic time</li> <li>Requires ICM</li> <li>Morbidity</li> <li>Less sensitivity than CT, TEE, and MRI</li> </ul>

## 1.3. Patologia Vascular

Neste tópico serão abordadas as principais patologias que envolvem a Aorta. Pretende-se uma breve introdução ao mecanismo de doença, incidência, prevalência, diagnóstico e tratamento.

### 1.3.1. Síndromes Aórticas Agudas

Os síndromes aórticos agudos são considerados situações emergentes com apresentação clínica muito semelhante. A sua classificação geral é apresentada na figura 3.



*Classe 1* – Dissecção aórtica com verdadeiro e falso lúmen; *Classe 2* – Hematoma Intramural; *Classe 3* – Discreta Dissecção Aórtica com abaulamento da parede do vaso; *Classe 4* – Ulceração da placa aórtica; *Classe 5* – Dissecção aórtica iatrogénica

Figura 3 - Classificação dos Síndromes Aórticos Agudos. Adaptado de: ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases (2014).

#### 1.3.1.1. Dissecção Aórtica Aguda

A dissecção aórtica é uma rutura da camada mais interna (íntima) da aorta resultando na formação de um falso lúmen com ou sem comunicação com o verdadeiro lúmen. Na maioria dos casos a rutura da íntima leva à passagem do fluxo sanguíneo num plano dissecante, podendo resultar numa rutura aórtica, quando a cama adventícia é lesada, ou na reentrada no verdadeiro lúmen após segunda rutura intimal(5).

As hemorragias da camada média são, habitualmente, precursoras da dissecção aórtica. A presença de hematoma aumenta o *stress* mecânico na íntima durante a diástole e leva à formação do falso lúmen. Este propaga-se, na maioria das vezes, de forma anterógrada em extensão variável e forma uma comunicação distal de reentrada no verdadeiro lúmen. A propagação retrógrada também pode ocorrer, culminando diversas vezes no envolvimento do ostium das coronárias. O falso lúmen pode, igualmente, acabar em fundo cego, tornando-se trombótico(5).

Qualquer que seja o tipo de comunicação entre os dois lumens, o falso lúmen pode comprimir o verdadeiro, comprometendo os ramos aórticos envolvidos, o que resulta em isquemia dos respectivos territórios (sistema nervoso central, membros superiores e inferiores, sistema gastrointestinal)(5).

A classificação da disseção aórtica é realizada de acordo com a localização e extensão, sendo utilizadas as classificações de *De Bakey* e *Stanford* (figura 4), esta última mais simples e funcional. Na prática clínica, a classificação da disseção em tipo A ou tipo B é a mais frequente.

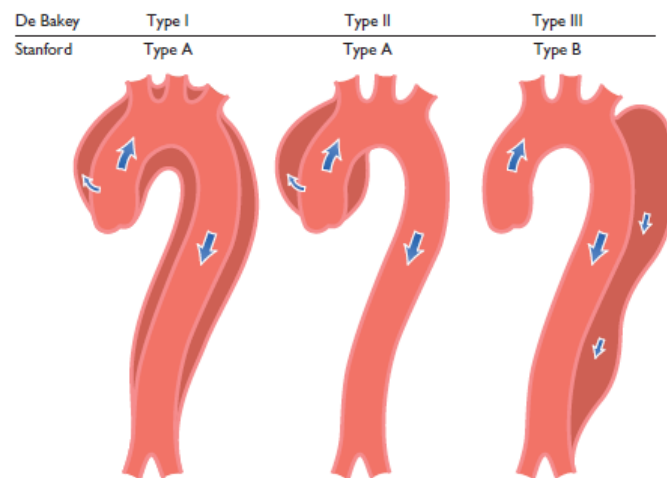


Figura 4 - Classificações da disseção aórtica. Adaptado de: ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases (2014).

Estima-se que a incidência da disseção aórtica seja de 6 em cada 100 000 pessoas, sendo esta superior nos homens e aumentado com a idade. Apesar disso, o prognóstico é pior nas mulheres, em parte em relação com uma apresentação da patologia mais atípica e tardia(5).

A presença de uma disseção aórtica pode estar associada à existência de dor torácica aguda, regurgitação aórtica, isquemia do miocárdio, insuficiência cardíaca, derrame pleural extenso, síncope, sintomas neurológicos (má perfusão cerebral, compressão nervosa), isquemia mesentérica, falência renal, entre outros(5).

A avaliação inicial requer exames laboratoriais, ECG e radiografia torácica. Para uma melhor caracterização anátomo-fisiológica da aorta, a TC, RM e ecografia transesofágica e transtorácica devem ser ponderadas(11). A Angio-TC é o exame amplamente disponível, de baixo custo, rápido e com elevada sensibilidade e especificidade no diagnóstico desta patologia.

O critério temporal é muito importante no tratamento das disseções aórticas. Estas podem ser classificadas em hiperagudas (sintomatologia com menos de 24 horas) agudas (2 a 7

dias após a disseção), subagudas (8 a 30 dias) e crônicas (mais de 30 dias)(11,12). A Associação Europeia de Cirurgia Cardiorádica e a Sociedade Europeia de Cirurgia Vasculard, mais recentemente, recomendam que as disseções aórticas sejam consideradas agudas desde o início dos sintomas até 14 dias, subagudas quando decorridos de 15 a 90 dias e crônicas com mais de 90 dias(7).

Nas disseções aórticas tipo A o prognóstico é bastante desfavorável uma vez que há uma maior associação a ruptura aórtica, tamponamento cardíaco e isquemia coronária (50% das disseções tipo A não intervencionadas nas primeiras 48h terminam em morte). A abordagem cirúrgica é recomendada, estando associada a menor mortalidade (26%) quando comparada com o tratamento médico otimizado (58%). Na disseção tipo B não complicada a terapia médica para controle da dor, pressão sanguínea e frequência cardíaca, associada a um controle imagiológico apertado para monitorização das alterações anatômicas está recomendada. Havendo alterações imagiológicas, o TEVAR (*Thoracic Endovascular Aortic Repair*) é a opção terapêutica mais adequada, favorecendo a remodelação da aorta. Nas disseções tipo B complicadas (associadas a dor recorrente, hipertensão não controlada, má perfusão, sinais de ruptura e dilatação aórtica), o TEVAR é o tratamento de eleição, permitindo o encerramento do portal de entrada de sangue no falso lúmen e direcionando-o para o verdadeiro lúmen. Desta forma a má perfusão visceral ou periférica é minimizada e promove-se a trombose do falso lúmen, que é o início da remodelação e estabilização da aorta. O TEVAR deve ser ponderado na fase subaguda da lesão. A abordagem cirúrgica deve ser uma opção quando a anatomia é desfavorável à realização de TEVAR, principalmente devido à inexistência de uma *landing zone* proximal adequada(5,11,12).

A figura 2 não contempla um caso de disseção onde não há envolvimento da aorta ascendente, mas o arco aórtico está dissecado. Esta apresentação clínica é designada de *disseção aórtica não A e não B*. O facto do seu tratamento e resultado ser distinto das disseções aórticas tipo A e tipo B, leva a que se deva considerar mais um tipo de disseção, neste caso afetando o arco aórtico(7).

### **1.3.1.2. Hematoma Intramural**

O hematoma intramural da aorta é uma entidade patológica na qual um hematoma se desenvolve ao nível da camada média da parede aórtica, na ausência de ruptura da íntima. Este representa cerca de 10 a 30% das síndromes aórticas agudas(13). O envolvimento da aorta ascendente e arco aórtico (tipo A) representam 30% e 10% dos casos,

respetivamente, enquanto o envolvimento da aorta torácica descendente é envolvida em 60% a 70% dos casos(5).

A apresentação clínica do hematoma intramural é semelhante à disseção aórtica e outras síndromes aórticas agudas, sendo a dor o sintoma mais frequente. No caso de hematomas proximais predomina a dor torácica anterior, enquanto nos hematomas envolvendo a aorta descendente é mais frequente a dor interescapular ou lombar. Outros sintomas como a má perfusão dos órgãos, déficit de pulsos, enfarte do miocárdio ou sintomas neurológicos são menos frequentes na presença de hematomas intramurais(13).

Os métodos imagiológicos são essenciais no diagnóstico desta patologia, sendo a Angio-TC o método de primeira escolha no diagnóstico e seguimento. Os critérios de diagnóstico são a presença de um espessamento circunferencial ou crescente da parede da aorta  $\geq 7$  mm e/ou evidência de acumulação de sangue na camada média da aorta, na ausência de rutura/*flap* intimal. O espessamento da parede tem densidade superior ao sangue e às camadas adjacentes da parede da aorta (entre 50 a 70 unidades de *Hounsfield*), não havendo realce após administração de meio de contraste(13).

Embora não existam recomendações terapêuticas bem estabelecidas para os hematomas intramurais, com base na evidência atual, a comunidade científica recomenda que os doentes com esta entidade clínica sejam tratados da mesma forma que os doentes com disseção aórtica(13).

### **1.3.1.3. Úlceras Aórticas Penetrantes**

A úlcera aórtica penetrante é definida como uma ulceração de uma placa aterosclerótica penetrando toda a camada íntima até à média. O continuo desenvolvimento da úlcera pode terminar em hematoma intramural, pseudoaneurisma, rutura ou disseção aórtica. Esta condição é frequentemente encontrada aquando de extensa aterosclerose da aorta, podendo ser múltipla e variar muito em tamanho e profundidade dentro do vaso. Pode ocorrer ao nível na aorta ascendente (tipo A, bastante raro) mas é mais frequente na aorta torácica descendente (tipo B), sendo pouco comum a localização no arco aórtico ou aorta abdominal(7).

Os pacientes com úlceras aórticas são, normalmente, idosos, do sexo masculino, com hábitos tabágicos, hipertensão arterial, doença arterial coronária, doença pulmonar obstrutiva crónica e aneurisma abdominal concomitante. Os sintomas da doença assemelham-se aos da disseção aórtica (exceto no que respeita à má perfusão dos órgãos) e à medida que se vão agravando são preditores de uma possível rutura aórtica.

No que respeita ao diagnóstico, a TC é a modalidade de eleição pois permite evidenciar, com recurso a meio de contraste, a saída do mesmo através de uma placa ateromatosa calcificada(5).

#### **1.3.1.4. Ruturas Aneurismáticas**

A rutura aórtica é definida como a rutura de todas as camadas da aorta (íntima, média e adventícia), habitualmente contida pelas estruturas periaórticas (pleura, pericárdio, tecido conjuntivo periaórtico) ou órgãos aórticos (esófago, pulmões e coração). Esta patologia está associada a uma grande mortalidade. Muitas das vezes não é possível oferecer uma opção de tratamento em tempo útil, e quando o é há um enorme risco de falência multissistémica ou acidente vascular cerebral/espinhal(8).

Designada também por pseudoaneurisma aórtico (falso aneurisma) por ser uma dilatação da aorta devido à rutura da sua parede, está bastante associada ao trauma torácico, podendo, no entanto, resultar de cirurgias aórticas ou intervenções com recurso a cateteres (eventos iatrogénicos), infeções aórticas (aneurismas micóticos) e úlceras penetrantes(5).

Não há estudos clínicos randomizados que mostrem qual a abordagem, conservadora ou endovascular, mais indicada no tratamento das ruturas, mas sabe-se que qualquer uma pode ter indicação, dependendo nas características anatómicas da lesão, apresentação clínica e comorbilidades do paciente. Nas ruturas contidas da aorta é recomendado o recurso ao TEVAR (Classe I, nível de evidência C), uma vez que várias séries de doentes evidenciaram uma mortalidade menor aos 30 dias face à cirurgia convencional(5).

#### **1.3.1.5. Trauma Aórtico**

As lesões aórticas são altamente letais, representando a segunda causa de morte mais comum no traumatismo contuso, logo após a lesão cerebral. Estas resultam, geralmente, de desacelerações súbitas resultantes de colisões frontais ou laterais em acidentes com veículos a motor a alta velocidade ou quedas com grande impacto, que levam à aplicação de forças de torção e cisalhamento em porções pouco móveis da aorta, como a raiz, na proximidade do ligamento arterial ou diafragma(5). As lesões por compressão do abdómen devido ao impacto com o cinto de segurança são designadas por síndrome do cinto de segurança(14).

O trauma da aorta é frequentemente associado ao alargamento do mediastino, hipotensão ( $\leq 90$  mmHg), fratura de ossos longos, contusão pulmonar, fratura da omoplata esquerda, hemotórax e fraturas pélvicas(5).

As lesões do istmo aórtico são as mais frequentes e as do arco aórtico raras. Também as lesões iatrogénicas associadas à manipulação de material endovascular no arco aórtico são consideradas trauma(7).

A classificação das lesões traumáticas da aorta compreende quatro graus: I) retalho intimal; II) hematoma intramural; III) pseudoaneurisma; e IV) ruptura(14,15). As lesões do tipo I e II permitem uma abordagem mais conservadora mas as lesões do tipo III e IV requerem intervenção, se possível nas primeiras 24h, sendo que o tipo de correção cirúrgica, bem como o *timing* da mesma dependem da lesão e das condições do paciente e englobam a cirurgia convencional, endovascular ou híbrida (habitualmente com o *debranching* dos vasos supra-aórticos em associação à implantação endovascular de prótese)(7). O reduzido número de complicações associadas ao tratamento endovascular das lesões do istmo aórtico evidencia que esta opção terapêutica é segura e efetiva(15). A TC é o método de eleição na avaliação do trauma aórtico tendo uma sensibilidade e especificidade próxima dos 100%. Além disso permite a avaliação de outras estruturas (cérebro, abdómen e osso), sendo que o pós-processamento associado (3D, reformatação multiplanar e MIP) é essencial à planificação de um possível TEVAR(5).

A tabela 3 sumariza a importância dos diferentes meios de diagnóstico na avaliação dos síndromes aórticos agudos.

Tabela 3 - Valor diagnóstico das diferentes modalidades de imagem nos síndromes aórticos agudos. Adaptado de Erbel *et al.* (2015). TTE - Transthoracic echocardiography; TOE – Transesophageal Echocardiography; CT – Computed Tomography; MRI – Magnetic Resonance Imaging.

Lesion	TTE	TOE	CT	MRI
Ascending aortic dissection	++	+++	+++	+++
Aortic arch dissection	+	+	+++	+++
Descending aortic dissection	+	+++	+++	+++
Size	++	+++	+++	+++
Mural thrombus	+	+++	+++	+++
Intramural haematoma	+	+++	++	+++
Penetrating aortic ulcer	++	++	+++	+++
Involvement of aortic branches	+ <sup>a</sup>	(+)	+++	+++

### 1.3.2. Dissecção Aórtica Tipo B Crónica

A dissecção aórtica tipo B é classificada como crónica quando passados 30 dias após o evento agudo, sendo englobados nesta categoria também os pacientes com dissecção aórtica tipo B residual após tratamento de uma dissecção tipo A (aorta ascendente). Os pacientes com dissecção tipo B crónica acabam por desenvolver outras complicações

aórticas, nomeadamente degeneração aneurismática, disseção recorrente, disseção retrógrada e rutura do falso lúmen(8).

A taxa de expansão do segmento dissecado cronicamente não é bem conhecida, mas estima-se que varie entre 1 a 7 mm. A hipertensão, o diâmetro aórtico superior a 40 mm ou mais na fase aguda, a DPOC e a patência do falso lúmen são fatores de risco para o desenvolvimento aneurismático tardio e a existência de um *flap* de disseção superior a 10 mm com localização no arco aórtico ou aorta descendente proximal é um preditor de mortalidade tardia e consequente necessidade de intervenção aórtica(8).

O diagnóstico é habitualmente realizado por TC, RM ou ecocardiografia transesofágica. A cronicidade da lesão está associada à identificação de um *flap* de disseção imóvel, com trombo no falso lúmen ou à existência de um aneurisma torácico secundário à disseção, na zona mais distal do arco aórtico(5). O tratamento, numa fase inicial, é conservador, visando o controlo da pressão arterial (inferior a 130/80 mmHg) e recorrendo aos beta-bloqueadores para diminuir a probabilidade de formação de aneurismas. Todas as actividades físicas são desaconselhadas para minimizar riscos de rutura ou agravamento da disseção. O recurso ao TEVAR ou tratamento cirúrgico pode ser ponderado nos pacientes em que há um aumento do diâmetro torácico (>10 mm ano), aneurismas do falso lúmen (com diâmetro aórtico total superior a 60 mm), síndromes de mal perfusão e dor recorrente(5).

A sobrevida associada a esta condição é relativamente fraca. A mortalidade pode chegar aos 25% aos 3 anos e quase sempre está associada a comorbilidades(8). Comparando o tratamento conservador com o TEVAR não há benefício de nenhum na mortalidade aos 2 anos para as disseções subagudas/crónicas assintomáticas, e na mortalidade aos 5 anos as diferenças não são estatisticamente significativas. No entanto, o TEVAR conduz a uma melhor adaptação anatómica do verdadeiro lúmen(5).

### **1.3.3. Aneurismas da Aorta**

A patologia aneurismática da aorta é a segunda mais frequente logo depois da doença aterosclerótica. Embora, de forma prática, consideremos a existência de aneurismas torácicos e abdominais, esta dicotomia é um pouco artificial, na medida em que podem ocorrer aneurismas tóraco-abdominais e alguns estudos têm demonstrado a associação destas duas condições (cerca de 27% dos doentes com AAA têm também AAT, a maioria dos quais mulheres e idosos; 20% dos indivíduos de uma série de 2000 apresentaram AAT; nos doentes com AAA, a aorta ascendente era maior e com maior taxa de doença valvular ou regurgitação aórtica). Esta dicotomia serve mais a intervenção, na medida em

que os cirurgiões tendem a especializar-se num tipo de aneurisma (torácico ou abdominal) e o próprio mecanismo fisiopatológico da lesão parece ter algumas diferenças(5).

De forma geral, os aneurismas da aorta podem estar localizados na aorta ascendente, arco aórtico e aorta descendente, sendo que a este nível podem ser tóraco-abdominais, abdominais ou com envolvimento ilíaco(16).

Os aneurismas tóraco-abdominais podem ser de quatro grandes tipos, segundo a classificação de Crawford: I – iniciam-se na aorta descendente proximal, acima do disco da 6ª vértebra dorsal (D6), envolvem a restante aorta torácica, indo além do hiato diafragmático, sem envolvimento das artérias renais; II – iniciam-se na aorta descendente proximal, acima do disco da 6ª vértebra dorsal e estendem-se abaixo das artérias renais; III – iniciam-se ao nível do disco intervertebral de D6 e envolvem vários segmentos da aorta abdominal; e tipo IV – envolvem toda a aorta abdominal, incluindo as artérias renais. Os aneurismas abdominais podem ser justarrenais quando se situam junto às artérias renais mas não as afetam, não havendo aorta saudável entre o próprio aneurisma e a emergência das mesmas ou infrarrenais quando se localizam abaixo das artérias renais. Os aneurismas tóraco-abdominais e abdominais podem também ter algum grau de envolvimento das artérias ilíacas(16).

### **1.3.3.1. Aneurismas da Aorta Torácica**

Os aneurismas da aorta torácica são definidos como dilatações aórticas com pelo menos 50% de aumento relativamente ao diâmetro normal, localizadas entre a emergência da artéria subclávia esquerda e o diafragma(8). Histopatologicamente, ocorre degeneração medial com rutura, perda de fibras elásticas e aumento da deposição de proteoglicanos, com ou sem aterosclerose. A expansão das dilatações depende da sua localização anatómica (é maior no segmento torácico descendente), mas também do próprio diâmetro, tabagismo, presença de trombo luminal, existência de doença pulmonar obstrutiva crónica ou outras patologias vasculares(5,8).

Uma vez diagnosticado, o prognóstico dos grandes aneurismas degenerativos é mau se não for intervencionado, com uma sobrevivência de 3 anos em aproximadamente 20% dos casos. A maioria dos pacientes com aneurismas torácicos estão assintomáticos e o diagnóstico é um achado, em resultado de programas de rastreio ou diagnóstico de outras patologias. No entanto, o aneurisma torácico pode manifestar-se por sinais clínicos de dor no peito, sopro valvular aórtico, embolia, disseção ou mesmo rutura. A taxa de crescimento do aneurisma determina, muitas vezes, a sua intervenção, principalmente

quando, em associação, há dor e hipertensão. Um diâmetro inicial de 60 mm acarreta um risco anual de ruptura de 10%, sendo os 70 mm o limiar, no qual existe um grande risco de ruptura repentina. A intervenção em aneurismas inferiores a 55 mm pode não significar um benefício face ao tratamento clínico otimizado, baixando este referencial para 50 mm nas mulheres e na presença de distúrbios do tecido conjuntivo(8).

A intervenção pode realizar-se por cirurgia convencional ou endovascular. A primeira está indicada apenas para pacientes que cumpram os seguintes critérios: 1) ausência de acessos arteriais adequados ou contraindicação para colocação de endoprótese devido a doença aorto-iliaca grave; 2) ausência de *landing zone* proximal ou distal; 3) existência de doença aneurismática associada a distúrbios do tecido conjuntivo; 4) elevado risco de déficit neurológico pós-TEVAR devido a extensos aneurismas, reduzindo a circulação pélvica e ocluindo as artérias lombares; e 5) presença de sintomas relacionados com a compressão de estruturas adjacentes pelo aneurisma, como corpos vertebrais (síndrome da dor crônica), traqueia ou esôfago. O tipo de aneurisma e a sua localização irão determinar a abordagem cirúrgica e os cuidados peri-operatórios, sendo que três grandes tipos de aneurismas torácicos podem ser considerados: tipo A, que envolve a região proximal da aorta descendente até D6; tipo B, que envolve a porção distal da aorta torácica, iniciando-se em D6; e tipo C, quando envolve toda a aorta torácica. O planejamento cirúrgico requer o estudo de toda a aorta, por TC ou RM, bem como a avaliação da circulação da espinal medula através do estudo das artérias lombares e pélvicas. Uma correta avaliação da função cardíaca, pulmonar, renal e circulatória periférica é essencial na minimização da mortalidade e morbidade associada à reparação convencional. Um maior risco de isquemia medular, mesentérica ou renal parece estar associado ao tempo de clampagem da aorta para reparação do aneurisma, devendo em algumas situações a circulação extracorpórea ser ponderada(5,7,8).

A reparação endovascular dos aneurismas da aorta torácica (TEVAR), tendo por base o resultado de diversas revisões sistemáticas e meta-análises, tem sido considerada a melhor abordagem em termos de mortalidade, morbidade e tempo de internamento hospitalar. Apesar da mortalidade precoce ser mais baixa no TEVAR, a médio prazo, não parece haver diferenças entre este e a cirurgia convencional. De notar que muita da mortalidade não está relacionada com a reparação aneurismática, mas sim associada a causas cardiopulmonares(5,8).

O TEVAR deve ser ponderado em pacientes com dilatações aneurismáticas superiores a 55 mm, no entanto, no Síndrome de Marfan pode intervir-se quando a dilatação atinge os 45 mm ou, na presença de fatores de risco e válvula aórtica bicúspide, quando a dilatação tem 50 mm.

O TEVAR carece ainda de informação em relação aos seus resultados a longo prazo, principalmente em pacientes jovens. É com frequência que o TEVAR é realizado em associação a uma abordagem convencional (cirurgia híbrida), havendo necessidade de oclusão da artéria carótida primitiva esquerda e/ou artéria subclávia esquerda, com pontagem a outras artérias que possibilitam o normal fluxo sanguíneo(5), ainda que isso possa estar relacionado com um aumento do risco de acidente vascular cerebral e isquemia do membro superior(8).

A inexistência de uma *landing zone* distal adequada conduz a modificações na técnica do TEVAR, principalmente quando há uma emergência comum do tronco celíaco e artéria mesentérica superior, má perfusão da veia porta ou ausência de circulação colateral, podendo para tal recorrer-se ao uso de endopróteses com pequenos entalhes para a emergência destes vasos (*scallop*) ou ao uso de “periscópios” ou “chaminés” (stents colocados em posicionamentos específicos) para garantir a perfusão adequada dos órgãos irrigados pelos vasos intervencionados. A eficácia destas técnicas carece ainda de dados, devido à sua recente utilização(8).

A Angio-TC é essencial na avaliação dos detalhes anatómicos associados à dilatação aneurismática da aorta torácica pois, além de bastante disponível e rápida, permite uma boa avaliação da circulação colateral e caracterização de qualquer cirurgia vascular prévia realizada, no entanto, a Angiografia é o método de eleição no estudo da artéria mesentérica superior e tronco celíaco, quando o aneurisma envolve também a aorta abdominal(8).

### **1.3.3.2. Aneurismas da Aorta Abdominal**

Os aneurisma da aorta abdominal (AAA) são definidos como dilatações de pelo menos 50% do diâmetro normal da artéria ou um valor absoluto igual ou superior a 30 mm, tendo um importante peso nos cuidados de saúde. São vários os fatores de risco associados, tais como o género masculino, a idade avançada, a raça, a hipercolesterolemia, o tabagismo (principalmente nas mulheres), a DPOC, a hipertensão arterial e a história familiar. Os AAA afetam acima de tudo a população com mais de 50 anos e são cerca de duas a seis vezes mais frequentes nos homens e duas a três vezes mais comuns nos caucasianos. Os rastreios realizados nos Estados Unidos da América e Europa revelaram que cerca de 5% dos homens com mais de 65 anos possuem AAA silencioso e em Portugal estima-se que cerca de 3.94% dos homens com mais 65 anos tenham AAA(17). A maioria dos AAA são silenciosos, no entanto o seu diagnóstico tem vindo a aumentar, em parte devido aos programas de rastreio. A palpação de massas pulsáteis abdominais

pode significar um aneurisma mas a sensibilidade é baixa. À ruptura aneurismática estão associados a dor abdominal aguda e choque, ainda que muitas vezes a ruptura seja contida(5,18).

A ultrassonografia é um excelente método de diagnóstico para triagem e vigilância, sem risco e de baixo custo, sendo importante minimizar a sobrestimação do diâmetro real do vaso. A arteriografia, outrora o *gold standard*, é agora pouco utilizada no diagnóstico e muito importante na intervenção endovascular. A RM e, principalmente, a TC assumem agora lugar de destaque no diagnóstico e seguimento do AAA. Independentemente do método de imagem, a avaliação pré-operatória dos AAA implica as seguintes medições:

- 1) diâmetro da aorta suprarrenal (D1);
- 2) diâmetro do colo superior infrarrenal (a);
- 3) diâmetro do colo médio infrarrenal (b);
- 4) diâmetro do colo inferior infrarrenal (c);
- 5) diâmetro externo do aneurisma (D3);
- 6) diâmetro do lúmen do aneurisma (D3a);
- 7) diâmetro distal da aorta, antes da bifurcação (D4);
- 8) diâmetro da íliaca primitiva direita (D5a);
- 9) diâmetro da íliaca primitiva esquerda (D5b);
- 10) distância do colo proximal (H1);
- 11) distância entre a linha infrarrenal e a porção distal do aneurisma (H2);
- 12) distância entre a linha

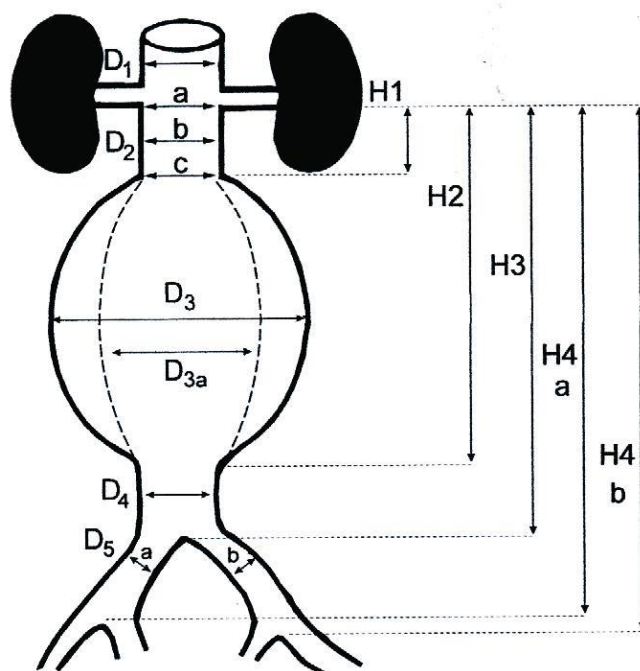


Figura 5 - Medições a realizar na avaliação de um AAA. Adaptado de: <https://www.intechopen.com/books/aneurysm/abdominal-aortic-aneurysms-actual-therapeutic-strategies>

13) distância entre a linha infrarrenal e a bifurcação aórtica (H3); 14) distância entre a linha infrarrenal e a bifurcação ilíaca direita (H4a); e 14) distância entre a linha infrarrenal e a bifurcação ilíaca esquerda (H4b), tal como demonstrado na figura 5 (5,19).

Do ponto de vista do tratamento, nos pequenos aneurismas abdominais (entre 30 e 54 mm) não parece ser vantajosa a intervenção precoce, quando se compara o seguimento e a intervenção planejada (tendo em conta vários sintomas) com a intervenção endovascular. A terapêutica médica neste tipo de aneurismas visa prevenir as doenças cardiovasculares, limitar o crescimento do saco aneurismático e otimizar o paciente para a intervenção no momento mais indicado (minimizar o risco perioperatório)(5). Nos restantes aneurismas, a intervenção vai depender do aparecimento de sintomatologia, da existência de um diâmetro superior a 55 mm ou do crescimento do saco aneurismático

superior a 10 mm ao ano. Em qualquer das situações, a intervenção pode ser convencional ou endovascular(5).

A cirurgia convencional apresenta certo risco de mortalidade e morbidade, principalmente do ponto de vista de eventos cardiovasculares. No perioperatório, a mortalidade pode variar entre 1% nos centros de excelência e 8% noutros centros, tendo por base estudos populacionais. O paciente é um elemento chave, enquanto preditor do risco operatório, pois a presença de doença cardíaca e respiratória prévia, bem como a má função renal aparecem associadas ao aumento da mortalidade. Quando em rutura, a variabilidade dos dados é muito grande, havendo meta-análises onde a mortalidade combinada se situa nos 48% mas onde centros únicos relatam mortalidade de 15%(5).

A reparação endovascular dos AAA, iniciada na década de 90, possibilita uma abordagem menos invasiva à qual está associada menor tempo de internamento pós-operatório. Também a mortalidade parece ser baixa (1,4% dos casos), no entanto, a sua eficácia a longo prazo é controversa. Após a implantação da endoprótese é necessário um acompanhamento por imagem ao longo da vida, para monitorização de complicações como *endoleaks*, mobilização da endoprótese e rutura. A opção pela correção endovascular depende da anatomia aórtica, das características dos pacientes, da opção médica e das diretrizes dos vários fabricantes das endopróteses. Nas atualidades, e dada a multiplicidade de dispositivos disponíveis no mercado, estima-se que proporção de AAA adequados para EVAR (*Endovascular Aortic Repair*) se situe nos 49,4% e possa mesmo subir para 60 % devido ao baixo perfil das endopróteses(5).

#### **1.3.4. Lesões ateroscleróticas da Aorta**

As lesões ateroscleróticas resultam da deposição de células espumosas (macrófagos, resíduos de LDL e colesterol) no espaço subendotelial dos vasos, sendo esta a alteração morfológica mais precoce e característica da aterogênese(20). Estas lesões, associadas a inflamações secundárias, depósitos de tecido fibroso e erosão da íntima podem levar a eventos tromboembólicos(5).

As lesões tromboembólicas podem resultar na oclusão de vasos de médio e grande calibre, levando a acidentes vasculares cerebrais, enfartes renais e eventos isquémicos periféricos. Os êmbolos de colesterol são mais propícios à oclusão de pequenas artérias e arteríolas, conduzindo a insuficiência renal (de novo ou agravando a existente) e isquémia mesentérica(5).

A existência de placas aórticas está associada a eventos embólicos cerebrovasculares e periféricos, sendo que a idade, o género, a hipertensão, a diabetes, a hipercolesterolemia,

o sedentarismo, o tabaco e as infecções fatores de risco importantes. Não esquecer que a realização de intervenções cardiovasculares como cateterizações, colocações de balões intra-aórticos e cirurgias cardíacas podem conduzir a eventos embólicos (por exemplo, a existência de aterosclerose na aorta ascendente está associada a um maior risco de infarto cerebral após cirurgia cardíaca)(5).

No diagnóstico da aterosclerose aórtica, a ecocardiografia transesofágica e transtorácica tem um papel de relevo na identificação de lesões, principalmente ao nível da raiz e aorta ascendente. No perioperatório, a ecografia epiaórtica tem revelado ser fundamental na caracterização de lesões. A TC é útil na caracterização das placas ateromatosas, principalmente quando associadas a grandes depósitos de cálcio, enquanto a RM permite uma melhor caracterização da composição das placas(5).

O tratamento é essencialmente clínico, com agentes anti-trombóticos, não havendo evidência científica para a intervenção cirúrgica profilática como a endarterectomia ou o *stenting* aórtico(5).

### **1.3.5. Patologias Inflamatórias**

Na aortite ocorre a deposição de células inflamatórias nas camadas média e adventícia da aorta, conduzindo a um espessamento da parede do vaso que pode variar entre o infiltrado edematoso e a cicatriz fibrosa. As causas mais comuns de aortite são as vasculites inflamatórias não-infecciosas (arterite de células gigantes) e a arterite de Takayasu(5).

As vasculites inflamatórias não-infecciosas são comuns nas mulheres de maior idade, resultando em aneurismas torácicos, podendo, no entanto, haver envolvimento das artérias cervicais/cerebrais, dos grandes ramos aórticos, da raiz e aorta ascendente (podendo evoluir para disseção ou rutura). A realização de ecocardiografia, TC e RM está indicada na suspeita desta condição patológica, tendo a PET um importante papel do diagnóstico subclínico da infecção(5).

A arterite de Takayasu é uma doença inflamatória crónica de etiologia desconhecida que pode envolver artérias de grande e médio calibre (aorta e principais ramos), bem como artérias pulmonares e coronárias, sendo mais comum em indivíduos femininos de origem asiática, com idades entre os 10 e 30 anos. O diagnóstico é quase sempre tardio e descreve um curso trifásico: a primeira fase, sistémica, é caracterizada por manifestações gerais e inespecíficas; a segunda fase leva à inflamação dos vasos e à formação de estenoses ou aneurismas; e a terceira fase, tardia, resulta na isquémia de membros ou órgãos(21). O diagnóstico é baseado na existência concomitante de três ou mais dos

critérios de classificação da doença pelo *American College of Rheumatology*, sendo eles: idade de início inferior a 40 anos, claudicação de extremidades, diminuição de pulsos das artérias braquiais, diferença de pressão arterial sistólica maior que 10 mmHg entre membros superiores, sopros sobre as artérias subclávias ou aorta abdominal e estenose ou oclusão da aorta (ramos primários ou artérias proximais de membros)(21).

Na arterite de Takayasu é imperativo a avaliação imagiológica de toda a aorta com recurso à TC ou Angiografia, tendo os restantes métodos igualmente um papel de relevo (RM, Ecocardiografia e PET)(5).

Na aortite, o tratamento é inicialmente clínico, no entanto, as dilatações ou estenoses aórticas ou dos seus ramos devem ser tratadas, preferencialmente, quando os pacientes estiverem em remissão do processo inflamatório(5).

### **1.3.6. Patologias Aórticas Diversas**

Nesta análise serão consideradas as patologias genéticas, congénitas e tumorais que envolvem a aorta.

#### **1.3.6.1. Coartação da Aorta**

A coartação da aorta é uma das malformações cardiovasculares mais frequentes e corresponde a uma alteração anatómica obstrutiva na transição da crossa para a aorta descendente (na área do ducto arterial), podendo em algumas situações envolver parte do arco aórtico ou da aorta descendente (ocorre ectopicamente). É considerada uma doença complexa e não apenas uma estenose circunscrita, sendo responsável por 5 a 8% de todos os defeitos cardíacos congénitos(5).

A sua manifestação clínica está associada à ausência ou diminuição da amplitude dos pulsos artérias nos membros inferiores e à presença de pulsos amplos e hipertensão arterial nos membros superiores, com um gradiente de pressão que, quando superior a 20 mmHg, indica uma coartação significativa. Apesar de todos os avanços da ecocardiografia, TC e RM, que possibilitam uma boa avaliação da localização, extensão, grau de estenose aórtica, arco aórtico, aorta pré e pós-estenótica e colaterais, o cateterismo cardíaco e a angiografia aórtica continuam a ser o *gold standard* em muitos centros vasculares(5).

Na coartação da aorta com uma adequada anatomia, a colocação endovascular de stent é a opção terapêutica de primeira linha, no entanto, a opção por stent coberto ou descoberto é ainda alvo de estudo, não havendo consensos(5).

### **1.3.6.2. Síndromes Genéticas**

#### **1.3.6.2.1. Síndrome de Marfan**

O síndrome de Marfan é uma doença hereditária do tecido conjuntivo, resultante de uma mutação do gene FBN-1 do cromossoma 15, que atinge 1 em cada 3000 a 5000 indivíduos. Sendo a mutação dominante, cada portador da doença tem uma probabilidade de 50% de transmitir o defeito genético para o descendente. No entanto, em muitas situações (um em cada quatro pacientes) não há descrição de história familiar da doença, resultando esta de uma mutação espontânea(4,22).

O síndrome de Marfan pode evidenciar-se de diversas formas, mais leves ou graves. As complicações mais graves são alterações nas válvulas cardíacas e aorta. As alterações cardiovasculares mais graves são a disseção aórtica tipo A, sendo a disseção aórtica tipo B comum e os aneurismas da aorta mais raros(8).

Para o diagnóstico do síndrome de Marfan é recomendada a realização de um ecocardiograma que permita a determinação dos calibres da emergência aórtica e aorta ascendente e controlo evolutivo anual para monitorização(23). No seu tratamento a reparação convencional da aorta tóraco-abdominal, com reconstrução das artérias viscerais, e posterior substituição convencional da aorta ascendente seguindo-se a implantação de endoprótese entre segmentos reconstruídos parece ser uma opção útil nos pacientes com este síndrome(22).

As mulheres portadores deste síndrome têm um risco aumentado de disseção aórtica na gravidez, sendo que para dilatações superiores a 40 mm há indicação para evitar a gravidez(8).

Além de todas as alterações cardiovasculares, o síndrome de Marfan origina alterações esqueléticas, pulmonares e oculares.

#### **1.3.6.2.2. Síndrome de Loeys-Dietz**

O síndrome de Loeys-Dietz é um distúrbio do tecido conjuntivo, classificado de I a V, de acordo com a causa genética na sua origem, e cujos sintomas podem evidenciar-se a qualquer momento, desde a infância à idade adulta, sendo a sua gravidade variável.

Este é caracterizado por quatro grupos principais de achados clínicos: dilatação e tortuosidade vascular, alterações esqueléticas, dismorfologia facial e alterações de pele(24).

Os pacientes com este síndrome apresentam, habitualmente, alterações na fusão dos ossos do crânio (craniossinostose), escoliose, *pectus excavatum* ou *pectus carinatum*, deformidades do esqueleto axial, entre outras(24).

O envolvimento vascular é caracterizado por aneurismas e dissecções/ruturas em idades jovens, principalmente ao nível da raiz da aorta, sendo menor frequentes na aorta ascendente e descendente. Nas séries clínicas estudadas a primeira dissecção aórtica ocorreu aos 26 anos e com calibre aórtico inferior a 39 mm. O tratamento vascular deste síndrome visa a rápida e agressiva intervenção cirúrgica, dado as idades jovens do pacientes por ele afetados e a tolerância generalizada à cirurgia, sendo raras as complicações relacionadas com a fragilidade tecidual(25).

#### **1.3.6.2.3. Síndrome de Ehlers-Danlos**

O síndrome de Ehlers-Danlos é um grupo de patologias que compreendem características comuns incluindo predisposição a contusões, hiper mobilidade articular, hiperelasticidade da pele e fraqueza dos tecidos, incluindo as artérias.

O tipo vascular deste síndrome compreende a rutura espontânea de artérias e segmentos intestinais. Esta característica é herdada como um distúrbio autossómico dominante. As ruturas arteriais podem ser precedidas pela formação de aneurismas, fístulas arteriovenosas ou dissecções, mas podem ocorrer espontaneamente. Do ponto de vista da sua localização, 50% das ruturas arteriais são no tórax e abdómen, 25% no pescoço e 25% nas extremidades(8).

Do ponto de vista vascular, a abordagem conservadora é recomendada, sendo realizados estudos vasculares por TC e RM. A intervenção urgente está indicada na resolução de complicações potencialmente fatais. Do ponto de vista farmacológico há evidência de que o celiprolol previne dissecções e ruturas arteriais em pacientes com a vertente vascular deste síndrome(26).

#### **1.3.6.2.4. Síndrome de Turner**

Este síndrome é um distúrbio genético do desenvolvimento feminino, tendo como principais características a baixa estatura e os defeitos cardiovasculares congénitos. É uma condição cromossómica onde todo ou parte de um dos cromossomas sexuais está ausente. Ocorre em aproximadamente 1 em cada 2000 nascimentos do sexo feminino(8). Os pacientes que desenvolvem dissecções aórticas apresentam doença valvular aórtica e/ou coartação em 10 a 25% dos casos. Não há evidência para a eficácia do rastreio da

patologia aórtica nos portadores do síndrome de Turner. No momento do diagnóstico deve-se associar os resultados do ecocardiograma à RM, devendo os estudos ser repetidos a cada 5 a 10 anos, ou antes, se clinicamente indicado por gravidez ou fatores de risco como a hipertensão arterial, válvula aórtica bicúspide ou coarctação(8).

### 1.3.6.2.5. Doença da Aorta Torácica Familiar

No que respeita à patologia aórtica existe um padrão familiar de transmissão de aneurisma e disseção da aorta, presente até 21.5% dos indivíduos não-Marfan, acreditando-se que este valor pode estar subestimado por muitos dos aneurismas familiares nunca serem diagnosticados.

A investigação genética desta forma não-sindrômica da doença aórtica ainda está em curso, mas sabe-se que o modo predominante de herança é autossômico dominante, afetando menos as mulheres.

Todos os parente de 1º grau de pacientes portadores deste síndrome devem fazer rastreios de imagem para avaliar alterações aórticas aos 50 anos de idade, repetindo em intervalos regulares de 2 a 3 anos(8).

A tabela 4 caracteriza resumidamente os principais síndromes genéticos que afetam a aorta.

Tabela 4 - Resumo das principais características dos síndromes genéticos.. Adaptado de Goldstein S. et al. (2015).

Etiology	Key features
Marfan syndrome	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aortic root most common location for aneurysm</li> <li>• Characteristic pear-shaped appearance</li> <li>• STJ diameter relatively normal</li> <li>• TTE initial imaging tool for detecting and serial follow-up</li> <li>• First-degree relatives require screening</li> </ul>
BAV	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TTE primary imaging tool for diagnosis, screening, and follow-up</li> <li>• May involve ascending aorta or aortic root</li> <li>• Aneurysms occur even in absence of significant valve dysfunction</li> <li>• Screening of aortic valve and ascending aorta recommended even for first-degree relatives</li> </ul>
Familial thoracic aortic syndrome	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ascending aorta more commonly affected</li> <li>• Relatively fast growth rate</li> </ul>
Vascular Ehlers-Danlos syndrome	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aortic complications at a young age</li> </ul>
Loeys-Dietz syndrome	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Widespread, aggressive vasculopathy</li> <li>• Aortic root aneurysms in up to 48%</li> <li>• Dissection can occur at dimensions smaller than in other inherited aortic disorders such as Marfan syndrome and BAV</li> </ul>
Turner syndrome	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Associated with BAV</li> <li>• Aneurysms most commonly occur in ascending aorta</li> </ul>

### 1.3.6.3. Tumores Aórticos

Os tumores malignos primários da aorta são um tipo raro de sarcomas que exibem uma ampla heterogeneidade histopatológica. Os sarcomas da íntima, apesar de tudo mais comuns, têm origem em células endoteliais (angiossarcoma) ou miofibroblastos. Os leiomas e fibrossarcomas têm origem na túnica média ou adventícia da parede aórtica(5).

Os sintomas associados aos tumores aórticos são inespecíficos, podendo confundir-se com a doença aterosclerótica da aorta, doenças arteriais periféricas, síndromes de dor gastrointestinal ou renal e ainda herniação discal. Habitualmente, a apresentação clínica mais comum dos angiossarcomas intinais é a oclusão da artéria mesentérica superior ou de artérias periféricas. O diagnóstico é realizado por análise imuno-histopatológica de fragmentos de endarterectomia ou amostra de ressecção aórtica, quase sempre em estádios avançados de doença(5).

A Angio-RM com contraste da aorta é o exame mais sensível para a detecção de tumores aórticos. Na presença de sarcomas aórticos, a ultrassonografia pode ser útil na demonstração das heterogeneidades da lesão, fazendo diagnóstico diferencial com os trombos murais. A cintigrafia deve ser realizada devido à alta incidência de metástases ósseas(5).

A opções terapêuticas passam pela ressecção em bloco da porção aórtica envolvida por tumor, com margens cirúrgicas negativas e interposição de enxerto. No entanto, devido ao diagnóstico tardio já associado a outras comorbidades nem sempre é viável, pelo que o prognóstico dos sarcomas aórticos é mau, resultando em morte na maior parte dos casos. A sobrevida global aos 3 anos de doença é de 11,2%, aumentando para 16,5% após ressecção cirúrgica(5).

#### **1.3.6.4. Trombos Flutuantes**

Um trombo flutuante é definido como a presença de um trombo móvel na aorta torácica, que pode ser uma fonte potencial de embolia arterial periférica, potencialmente fatal para estruturas viscerais ou para os membros inferiores. Esta condição pode estar relacionada com a existência de uma prévia lesão da parede aórtica (dissecção, aterosclerose ou trauma)(8). No entanto, a identificação de trombos aórticos móveis tem aumentado desde o recurso regular à ecocardiografia transesofágica, sendo que o mecanismo fisiopatológico da lesão não é claro, uma vez que a existência de trombos móveis não está associada a estados trombofílicos(5).

A estratégia de tratamento é ainda controversa e depende da localização e extensão da doença, presença de complicações, comorbidades do paciente e preferências do clínico. Pode optar-se por terapêuticas anticoagulantes, trombectomia aspirativa ou cirúrgica ou reparação endovascular com stent coberto(8). Na tabela 5 podem encontrar-se as recomendações para seguimento imagiológico das principais doenças aórticas, inclusive os limites que levam a ponderar uma intervenção cirúrgica.

Tabela 5 - Follow-up conservador das principais patologias aórticas. Adaptado de Goldstein S. et al. (2015).

ATBAD	CT or MRI	3 m, 6 m, yearly In stable condition after 3 years follow up, the interval can be extended to 2–3 years	Aortic growth >5 mm/year Aortic diameter >50 mm
IMH	CT or MRI	3 m, 6 m, yearly In stable condition after 3 years follow up, the interval can be extended to 2–3 years	Extension of IMH Presence of concomitant PAU Aortic growth >5 mm/year Aortic diameter >50 mm
PAU	CT or MRI	3 m, 6 m, yearly In stable condition after 3 years follow up, the interval can be extended to 2–3 years	
Thoracic aortic aneurysm	CT or MRI	6 m, 12 m, yearly In stable condition after 3 years follow up, the interval can be extended to 2–3 years	Aortic growth >5 mm/year Aortic diameter >50 mm
Thoraco-abdominal aneurysm	CT or MRI	6 m, 12 m, yearly In stable condition after 3 years follow up, the interval can be extended to 2–3 years	Aortic growth >5 mm/year Aortic diameter >55 mm
Inflammatory disease	CT or MRI, combined with PET Blood tests: white cell count, CRP	3 m, 6 m, yearly	
Thoracic coarctation	CT or MRI	On clinical indication	
Aortic disease with connective tissue disorders	CT or MRI	3 m, 6 m, yearly	Aortic diameter >45 mm Aortic growth >5 mm/year

#### 1.4. Opções Terapêuticas

As patologias aórticas e as opções terapêuticas disponíveis na atualidade são múltiplas, bem como as áreas clínicas que se dedicam ao seu estudo e as associações que emanam *guidelines* para o seu diagnóstico e tratamento. Sempre que um relatório de uma patologia aórtica é realizado, deve incluir a classificação da patologia, a sua localização, tortuosidade e extensão, sendo que o diâmetro aórtico é dos parâmetros de maior importância. Em suma, um bom diagnóstico deve incluir uma correta classificação anatômica, etiológica e clínica(16).

No que respeita às opções de tratamento endovascular, para uniformização de procedimentos foram criadas as zonas de *landing* aórticas, também conhecidas como *attachment zones* ou *Ishimaru zones*(7). Os locais de colocação das endopróteses, bem como a sua extensão estão associados ao risco e à complexidade dos procedimentos, tendo impacto na seleção dos dispositivos mediante as tensões esperadas de acordo com a anatomia(7,16). As zonas de fixação proximal e distal das endopróteses estão também associadas aos resultados funcionais dos procedimentos, principalmente no que respeita às alterações neurológicas induzidas(16).

As *landing zones* proximais correspondem à área de fixação proximal da endoprótese e definem a porção proximal do enxerto coberto, existindo oito zonas proximais(16):

*Zona 0* – a zona de *landing* é proximal ao tronco braquiocefálico arterial;

*Zona 1* – a zona de fixação situa-se distal ao tronco braquiocefálico arterial mas proximal à emergência da artéria carótida primitiva esquerda;

*Zona 2* – compreende a aorta entre a carótida primitiva esquerda e a artéria subclávia esquerda;

*Zona 3* – compreende a aorta descendente, numa extensão de 2 cm após a emergência da artéria subclávia esquerda;

*Zona 4* – estende-se desde 2 cm após a emergência da artéria subclávia esquerda até metade da aorta descendente (disco intervertebral de D6);

*Zona 5* – inicia-se na metade distal da aorta torácica e termina proximal à emergência do tronco celíaco;

*Zona 6* – zona de *landing* entre o tronco celíaco e a emergência da artéria mesentérica superior;

*Zona 7* – inicia-se com a emergência da artéria mesentérica superior e engloba a porção aórtica suprarrenal.

As *landing zones* distais definem as áreas de fixação distal das endopróteses, delimitando a porção distal do enxerto coberto. As zonas 4, 5, 6 e 7 além de zonas de *landing* proximais, são também possíveis áreas de fixação distal das endopróteses.

Existem assim oito zonas distais(16):

*Zona 8* – compreende a cobertura de pelo menos uma das artérias renais;

*Zona 9* – compreende toda a aorta infrarrenal;

*Zona 10* – compreende a totalidade da artéria ilíacas comuns;

*Zona 11* – localiza-se nas artéria ilíacas externas.

A figura 6 evidencia uma representação gráfica de todas a *landing zones*. No que respeita às artérias ilíacas, as zonas podem ser referidas bilateralmente ou optar-se pela referência apenas da zona mais distal utilizada para colocação da endoprótese.

A gestão das doenças vasculares tem sido alvo de grandes avanços. Há cerca de uma década, sempre que uma intervenção vascular era necessária, a cirurgia convencional

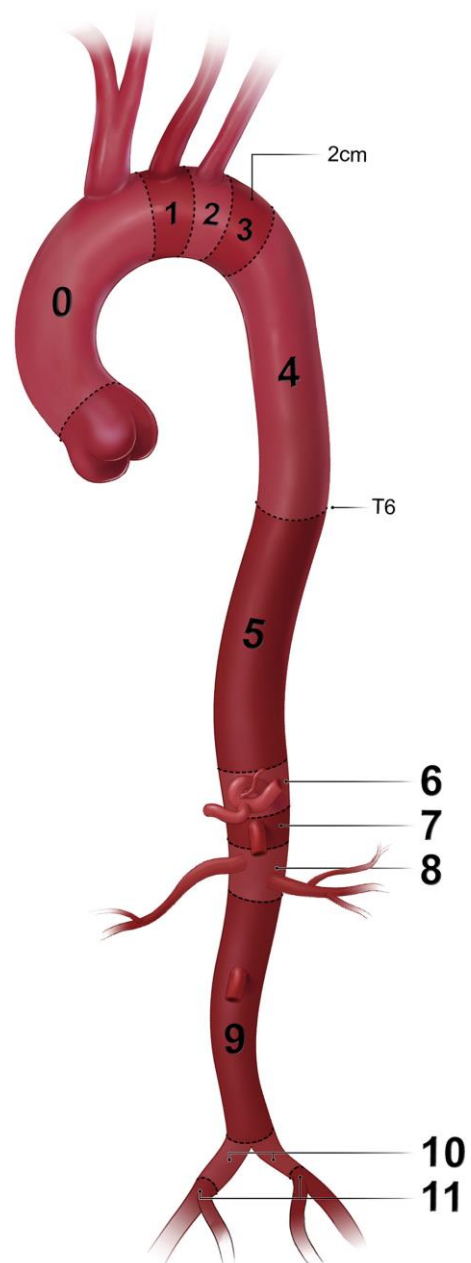


Figura 6 - Zonas de *landing* aórticas. Adaptado de Fillinger M. et al. (2010).

era uma das primeiras opções. Contudo, com o avanço tecnológico, a opção endovascular tem ganho espaço, quase sempre pelo seu aspecto menos invasivo e menor tempo de recuperação dos pacientes, estando as suas limitações associadas a aspectos anatômicos e de durabilidade(27).

#### **1.4.1. Cirurgia Convencional**

A cirurgia vascular convencional, apesar de ser considerada o *gold standard* em muitas situações, aparece associada a desvantagens como a elevada morbimortalidade, as complicações anestésicas, as alterações fisiológicas associadas à clampagem dos grandes vasos, a significativa perda hemática, as alterações de fluídos induzidas e as grandes incisões na pele. Para minimizar estes aspectos, a cirurgia endovascular e as abordagens híbridas têm ganho terreno(27).

A correção cirúrgica de aneurismas abdominais por via aberta iniciou-se em 1952, tendo sido continuamente aperfeiçoada. Na atualidade, as taxas de mortalidade perioperatória situam-se entre 1% e 7%, dependendo do tipo de centro onde as intervenções são realizadas e da experiência do cirurgião. Apesar de perder terreno para as reparações endovasculares, a cirurgia convencional é ainda pedra angular no tratamento dos aneurismas, em parte devido a limitações anatômicas e situações infecciosas(27).

A impossibilidade de um paciente se submeter a um tratamento endovascular está, em parte, relacionada com a existência de um colo aneurismático hostil, ou mesmo a inexistência de colo. Colos curtos, bastante angulados, com trombo ou fortemente calcificados dificultam a colocação de endopróteses e tornam a cirurgia convencional a abordagem mais indicada. Também as alterações na aorta distal, principalmente quando há oclusões das artérias ilíacas que impossibilitam o adequado acesso endovascular ou quando há absoluta necessidade de manter a patência da artéria hipogástrica, levam a que a opção pela cirurgia convencional seja a mais correta(27).

Em situações de infecção da aorta nativa ou infecção de qualquer enxerto prostético, a cirurgia convencional é a melhor opção, pois permite a remoção de todo o material previamente infetado e a reconstrução extra-anatômica com recurso a homoenxerto aórtico ou *dacron* com rifampicina, reduzindo-se assim o risco de nova infecção local(27). O recurso à cirurgia convencional é também ponderado em muitas situações de falência do material endovascular implantado, quer por deformidade, quer por migração, sendo a opção o explante total ou parcial do material. Algumas condições patológicas/anatômicas são igualmente favoráveis a uma abordagem convencional, nomeadamente a

necessidade de manter patente a artéria mesentérica inferior (difícil de intervir por via endovascular) e a presença de um rim em ferradura, com múltiplas artérias renais(27).

De forma muito sumária, há duas grandes abordagens quando a cirurgia convencional é a opção, a transperitoneal e a retroperitoneal. Na atualidade, muitas das intervenções aórticas podem também ser realizadas por mini-laparotomias, laparoscopia e cirurgia robótica. Visto que o objetivo de qualquer abordagem é garantir uma exposição adequada dos segmentos aórticos afetados, tanto a transperitoneal como a retroperitoneal são tecnicamente equivalentes em muitas situações, sendo, portanto a opção por uma ou outra da responsabilidade do cirurgião e do tipo de paciente a intervir(27).

No que aos aneurismas torácicos e tóracoabdominais diz respeito, a abordagem convencional é um dos maiores desafios da cirurgia vascular, em parte pela necessidade de reimplantação de diversos ramos (troncos braquiocefálicos, viscerais, renais e intercostais) no enxerto sintético ou no homoenxerto aórtico, mas também devido ao *stress* fisiológico, do qual podem resultar acidentes vasculares cerebrais, insuficiência renal, insuficiência cardíaca ou pulmonar e paraplegia, levando a incapacidade, declínio da qualidade de vida e mesmo morte. Este tipo de abordagem requer profissionais bastante dedicados, equipas de anestesia específicas e unidade de cuidados intensivos preparadas para otimizar os pacientes e garantir o sucesso dos procedimentos(27).

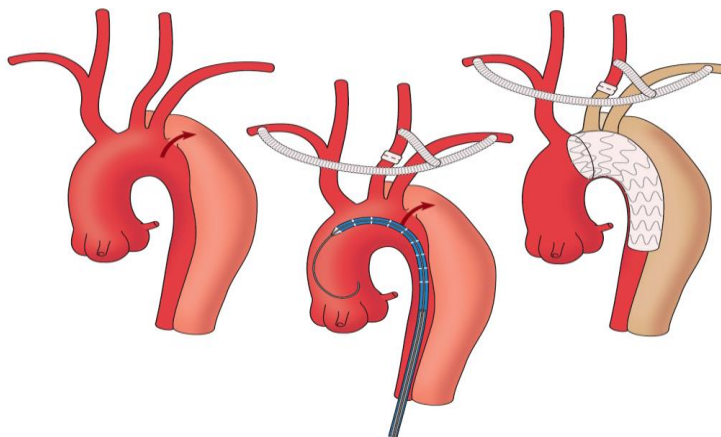
Independentemente da técnica cirúrgica, é consensual que a hipotermia controlada, a drenagem do líquido cefalorraquidiano espinal e a otimização da pressão arterial e função cardíaca são essenciais ao sucesso cirúrgico. A cirurgia convencional dos AAT é de maior risco quanto mais proximal a intervenção for e as complicações aumentam com a substituição concomitante da raiz aórtica. Neste momento, tem maior indicação quando os aneurismas afetam a zona 0 e/ou 1(27).

#### **1.4.2. Cirurgia Endovascular da Aorta Torácica**

Os aneurismas da aorta torácica são, habitualmente, tratados por via endovascular, principalmente quando afetam as zonas 3 e 4 e têm, pelo menos, 2 cm de colo. No entanto, há situações onde para se conseguir uma boa selagem do saco aneurismático há necessidade de estender a endoprótese à zona 2, ocluindo assim a artéria subclávia esquerda, o que é precedido de um *bypass* carotídeo-subclávio ou transposição da subclávia para a carótida(27).

As **abordagens híbridas** são também comuns quando a anatomia dos pacientes não é favorável ou o aneurisma envolve mais ramos. Por exemplo, um paciente que necessite de uma selagem quer da artéria subclávia esquerda, quer da artéria carótida comum

esquerda (zona 1), com recurso a TEVAR, deverá efetuar primeiro um *bypass* da artéria carótida comum direita à artéria carótida primitiva esquerda e desta um *bypass* à artéria subclávia esquerda, como exemplificado na figura 7. Uma outra abordagem pode ser opção, nomeadamente, um *bypass* da artéria subclávia direita à artéria subclávia esquerda, seguido de um *bypass* da artéria subclávia esquerda à artéria carótida primitiva esquerda(27). Nos pacientes com necessidade de selagem de todos os troncos supra-aórticos (zona 0) há duas grandes soluções. Uma é uma abordagem híbrida que começa com um *bypass* da aorta ascendente proximal à artéria subclávia esquerda seguido de um *bypass* extra-anatómico entre as artérias subclávias direita e esquerda e desta à artéria primitiva esquerda. Outra opção passa pela realização de uma chaminé (enxertos paralelos) com a colocação em simultâneo do TEVAR(27,28).



Com a aprovação em 2005 da primeira endoprótese pela

Figura 7 – Aneurisma da Zona 1, tratado com TEVAR depois de debranching dos troncos supra-aórticos. Adaptado de Sidawy A. *et al.* (2019).

*U.S. Food and Drug Administration* (FDA) para o tratamento dos aneurismas da aorta ascendente (GORE® TAG®, feita de politetrafluoretileno expandido com exosqueleto de nitinol), o **TEVAR** têm-se assumido como uma das principais opções terapêuticas. Inicialmente indicado no tratamento dos pequenos aneurismas, assume agora um papel de destaque nas dissecções aórticas do tipo B (em rutura ou associadas a síndromes de má perfusão), no traumatismo aórtico e nas úlceras penetrantes. Vários estudos associam ao TEVAR uma menor morbidade quando comparado à cirurgia convencional(29).

O TEVAR é geralmente realizado sob anestesia geral, possibilitando um maior controlo respiratório e a aquisição de imagens com apneia e menos artefactos de movimento respiratórios. Quando é prevista uma grande cobertura anatómica com a endoprótese, os pacientes devem colocar cateteres de drenagem e monitorização da pressão do líquido cefalorraquidiano, com o objetivo de drenar líquido e diminuir a possibilidade de isquémia da espinal medula. O recurso no perioperatório a neuromonitorização, com potenciais evocados, possibilita uma melhor gestão da parte somatossensorial, tornando possível uma rápida atuação quer no aumento da drenagem de líquido, quer no aumento da pressão arterial para melhor perfusão medular. Toda a cirurgia é realizada através de

acessos femorais para a colocação das bainhas, havendo normalmente uma pequena exposição dos vasos. O acesso a partir do braço também pode ser equacionado. Um primeiro fio-guia é introduzido até à aorta ascendente, seguindo-se um cateter e a substituição do primeiro por um outro fio-guia mais rígido, que dê suporte à subida da endoprótese. Todo este processo é monitorizado através de fluoroscopia. Quando a endoprótese chega ao arco aórtico, deve ser obtida uma projeção oblíqua anterior esquerda para melhor visualização de todo o arco aórtico. Uma vez pré-posicionada a endoprótese, deve realizar-se uma aquisição angiográfica com injeção de contraste através do injetor automático, para assim identificar as referências anatómicas que permitirão o posicionamento preciso do dispositivo. Para minimizar o movimento cardíaco no momento da abertura da endoprótese pode recorrer-se à hipotensão induzida, ao rápido *pacing* ou até à paragem cardíaca induzida. Depois de aberto todo o dispositivo, deve proceder-se ao balonamento para garantir uma total cooptação à parede aórtica, principalmente nas zonas distal e proximal e nas sobreposições entre endopróteses. Por fim procede-se à realização da angiografia de controlo, à remoção de todo o material de suporte e à arteriotomia(29). Na tabela 6 são apresentados as principais endopróteses aprovadas pela FDA para tratamento endovascular dos aneurismas torácicos.

Tabela 6 – Endopróteses aprovadas pela FDA para tratamento endovascular dos aneurismas torácicos.

	Device Diameters (mm)	Lengths (cm)	Delivery Profile (F)	Tapered Component	FDA Approval
Gore C-TAG	21-45	10, 15, 20	ID- 18, 20, 22, 24	yes	2012
Medtronic Valiant	22-46	10.7-22.4	OD- 22, 24, 25	yes	2014
Cook TX2 with Pro-Form	28-42	Proximal 12-21.6 Distal 13.6-20.7	ID- 20, 22	yes	2008
Cook Zenith Alpha	24-46	Proximal 10.5-23.3 Distal 14.2-21.1	ID- 16, 18, 20	yes	2015
Bolton Relay Plus	22-46	10, 15, 20, 25	OD- 22, 23, 24, 25, 26	no	2012

Assim, quando o TEVAR é a opção no tratamento dos aneurismas da aorta descendente há alguns aspetos anatómicos a considerar. Sabe-se que a aorta descendente, por ser de maior diâmetro, requer endopróteses maiores para que possam selar completamente o aneurisma, o que envolve com frequência a necessidade de zonas de *landing* com 2 cm. O arco aórtico, pela sua anatomia, requer que as endopróteses sejam também flexíveis para se poderem adaptar corretamente e minimizar a migração ou colapso. Quando uma correta selagem do aneurisma requer a oclusão de algum dos troncos supra-aórticos, devem realizar-se abordagem híbridas, com construção de pontagens que possibilitem o normal fluxo sanguíneo ou optar-se por variações à técnica do TEVAR, quer com chaminés quer com endopróteses fenestradas ou ramificadas. O acesso vascular é também importante, devendo garantir-se que as artérias femorais e ilíacas possuem bom calibre para que o sistema de suporte da endoprótese possa ser introduzido. A extensão da endoprótese deve ser muito bem ponderada, pois quanto

maior mais ramos intercostais podem ser ocluídos, diminuindo o aporte sanguíneo na artéria espinal anterior, via ramos radiculares ou via artéria de Adamkiewicz. Uma grande cobertura aumenta a probabilidade de isquemia da espinal medula e consequente paraplegia(16,27–30). Tendo em conta que muitos dos aneurismas aórticos envolvem as zonas 0, 1 e 2, há a necessidade de ocluir com a endoprótese as emergências dos troncos supra-aórticos. Tal como foi referido anteriormente, um *debranching* prévio ao TEVAR pode garantir o fluxo normal nos grandes vasos do pescoço, bem como o recurso a enxertos paralelos, como demonstra a figura 8. A técnica de chaminé, denominada de **ChEVAR**, está, no entanto, associada a várias limitações. Na prática corresponde à colocação, lado-a-lado, da endoprótese e de um *stent* coberto, sendo que não havendo um perfeito contacto podem ocorrer *endoleaks* para o saco aneurismático. O curto comprimento da aorta ascendente nem sempre permite um bom suporte ao *stent* coberto podendo não haver uma boa selagem do aneurisma. Pode também haver o colapso do *stent* coberto devido ao maior calibre da endoprótese aórtica, levando a uma diminuição de perfusão cerebral, uma complicação com consequências potencialmente fatais. Desta forma, o ChEVAR deve ficar reservado aos pacientes que não possuem condições anestésicas para a realização de uma cirurgia híbrida(27).

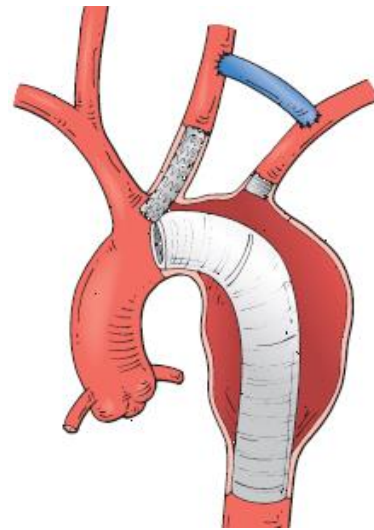


Figura 8 - Aneurisma da Zona 1, tratado com abordagem híbrida e ChEVAR – *Endodebranching*. Adaptado de Sidawy A. *et al.* (2019).

Uma alternativa para revascularizar os troncos supra-aórticos sem recorrer a abordagens híbridas e chaminés consiste em fazer fenestrações (**FEVAR**) a laser na endoprótese colocada, seguidas de dilatação e colocação de *stent* coberto. Se necessário podem ser realizadas fenestrações para todos os ramos do arco aórtico. No entanto, existem algumas limitações, pois pode ocorrer que os orifícios não fiquem totalmente alinhados com o óstio do vaso, pode haver trauma na parede aórtica devido ao laser e pode haver uma modificação da própria endoprótese levando a *endoleaks*. Apesar de tudo, as próteses com fenestrações personalizadas de acordo com a anatomia do paciente, parecem ter bons resultados no tratamento dos aneurismas do arco aórtico. Um dos maiores estudos de coorte, com a prótese Najuta (Kawasumi, Tokyo, Japan) que permite 19 tipos de esqueletos e 8 tipo de fenestrações evidenciou uma baixa morbidade, com taxa de acidentes vasculares cerebrais de 1,8% e mortalidade a trinta dias de 1,6%.

Apesar destes resultados animadores, os desafios técnicos associados à intervenção do arco aórtico levaram ao desenvolvimento de endopróteses ramificadas(27,31).

As endopróteses ramificadas, **BEVAR**, parecem constituir uma alternativa aceitável no tratamento dos aneurismas do arco aórtico. A capacidade de abordar esta área anatómica de forma endovascular tem o potencial de reduzir a morbimortalidade operatória, ainda que sejam amplamente conhecidos os seus grandes desafios (forma do arco, angulação dos grandes vasos, dinâmica do fluxo sanguíneo, forças de cisalhamento, variabilidade dos ciclos cardíaco e respiratório e posição dos vasos coronários/válvula aórtica)(27,31,32).

No presente existem cinco dispositivos com ramificações disponíveis para implantação: 1) *Zenith arch branched device* (Cook® Medical); 2) *Conformable GORE® TAG® thoracic branch endoprosthesis* (Gore & Associates); 3) *Valiant® Mona LSA device* (Medtronic®); 4) *Nexus™ aortic arch system* (Endospan™); e 5) *Ascending Thoracic Device based on the Relay NBS™ Plus®* (Bolton Medical), todas evidenciadas na figura 9.

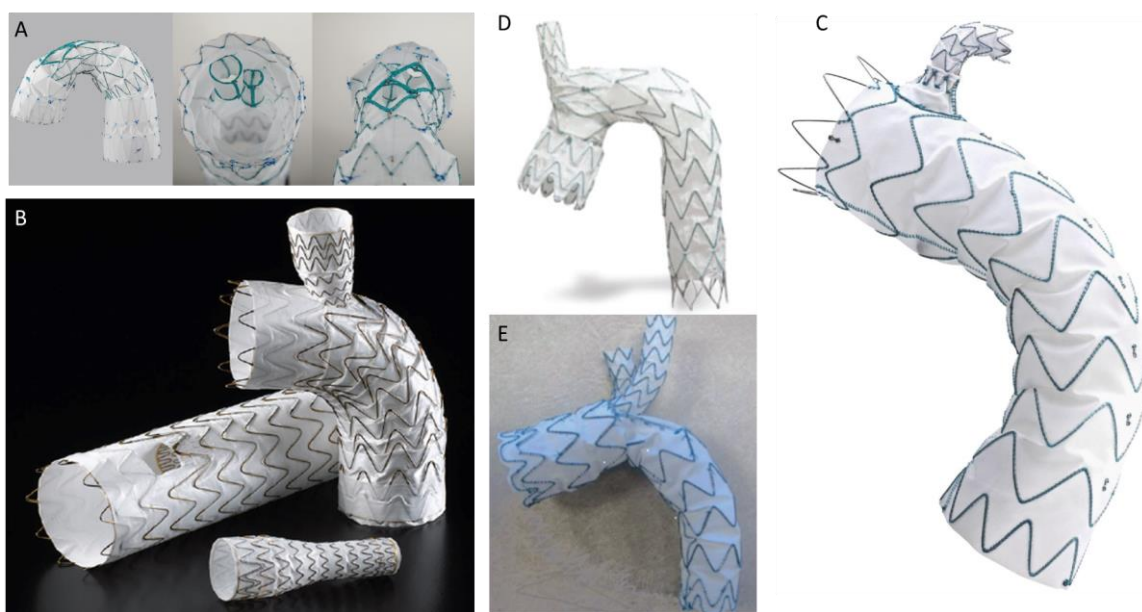


Figura 9 – Endopróteses ramificadas para tratamento dos aneurismas do arco aórtico. A) *Zenith arch branched device* (Cook® Medical); B) *Conformable GORE® TAG® thoracic branch endoprosthesis* (Gore & Associates); C) *Valiant® Mona LSA device* (Medtronic®); D) *Nexus™ aortic arch system* (Endospan™); e E) *Ascending Thoracic Device based on the Relay NBS™ Plus®* (Bolton Medical).

A endoprótese ramificada *Zenith arch branched device* (Cook® Medical) é das mais antigas no mercado. Possui um corpo principal curvo com dois ramos proximais contidos no seu interior. Para a sua colocação, além das artérias femorais, também a artérias axilares precisam ser cateterizadas, para acesso ao tronco braquiocéfálico arterial e à carótida comum esquerda. Em 2014 foram relatadas as primeiras 34 intervenções. O sucesso técnico foi conseguido em 32 doentes (84,2%), tendo havido 3 óbitos nas primeiras 24h após procedimento. Quatro pacientes necessitaram de procedimentos

adicionais para selar *endoleaks* e seis pacientes sofreram acidentes cerebrovasculares, com recuperação(31,32).

A endoprótese *Conformable GORE® TAG® thoracic branch* (Gore & Associates) tem o stent proximal parcialmente descoberto, o que permite a cobertura de 50% da artéria carótida primitiva esquerda e apresenta apenas um ramo lateral, podendo ser usada em aneurismas das zonas 0, 1 e 2. Os dados preliminares de viabilidade foram publicados em 2016 e demonstraram a implantação com êxito nos 22 pacientes incluídos, havendo duas complicações relacionadas com os acessos vasculares. Sem mortalidade a 30 dias, houve 7 pacientes com *endoleaks* resolvidos com procedimentos acessórios e uma morte aos 6 meses(32).

A endoprótese *Valiant® Mona LSA* está indicada na extensão da cobertura proximal em aneurismas da aorta descendente (zona 2), ficando a artéria subclávia esquerda cateterizada, evitando assim abordagens híbridas para *debranching* deste vaso. Este dispositivo requer 20 mm de extensão para selagem da zona proximal, sendo 10 mm para o espaço entre a artéria carótida comum esquerda e a subclávia e 5 mm entre a emergência da ramificação e o início do aneurisma. Os testes de avaliação deste dispositivo incluíram 9 pacientes, sendo que no momento da alta 4 pacientes apresentavam *endoleaks*, não identificados aquando da colocação da endoprótese. Aos seis meses não foram identificadas complicações estruturais ou anatómicas, não havendo a registar *endoleaks* ou morte. O *follow-up* continuará por mais cinco anos após procedimento(27,32).

A endoprótese *Nexus™ aortic arch system* (Endospan™) pode ser usada com ramo único (dois componentes) ou com duas ramificações (três componentes). O uso de ramo único requer a colocação da porção ramificada no tronco braquiocefálico arterial, sendo necessário a realização de *bypass* aos restantes troncos supra-aórticos esquerdos ou a colocação de um stent em periscópio na artéria subclávia esquerda. Na utilização como prótese ramificada, o ramo principal fica no tronco braquiocefálico arterial e há uma fenestração adicional na face superior da curva externa do dispositivo principal, onde um stent coberto é colocado. Em ambas as situações, o corpo principal é colocado recorrendo a uma técnica "*through-through*", usando um fio braquiofemoral através do tronco braquiocefálico arterial. Possui uma pequena manga auto-projetável para a aorta ascendente, à qual é adaptada a porção coberta da aorta ascendente deste dispositivo, imediatamente acima das artérias coronárias e junção sinotubular. Os estudos de viabilidade deste dispositivo iniciaram-se em diversos centros na Suíça, República Checa e Itália, decorrendo até 2019. Além destes, a endoprótese tem sido utilizada de forma compassiva em múltiplos centros(32).

Quanto ao dispositivo Relay NBS™ Plus® (Bolton Medical) é semelhante ao anterior, podendo conter uma ou duas ramificações para o tronco braquiocefálico ou para este e para a artéria carótida primitiva esquerda(32). É constituído por tecido de poliéster costurado a *stents* de nitinol auto-expansíveis e o seu sistema de entrega consiste numa bainha coaxial externa hidrofílica e uma bainha secundária flexível com um lúmen passante que facilita o avanço do dispositivo e a fixação precisa da endoprótese(27). Apesar de haver vários estudos clínicos em desenvolvimento, nos estudos de uso precoce que incluíram 26 pacientes houve dois *endoleaks* tipo I e quatro complicações intraoperatórias (dissecção da artéria carótida comum esquerda, cobertura indevida da artéria subclávia direita, perfuração do ventrículo esquerdo e morte)(31,32).

As principais complicações associadas ao TEVAR, de forma geral, estão relacionadas com: 1) manipulação do material endovascular no arco aórtico, que pode levar à migração de trombos e conseqüente acidente vascular cerebral; 2) desenvolvimento de paraplegia por isquémia espinal; 3) isquémia intestinal, quando, inadvertidamente, há oclusão da origem do tronco celíaco; 4) complicações relacionadas com os acessos vasculares, nomeadamente, ruturas; 5) síndrome de pós-implantação, uma resposta inflamatória sistémica devida à ativação endotelial por contacto com a endoprótese; e 6) migração da endoprótese e presença de *endoleaks*(29).

#### **1.4.3. Cirurgia Endovascular da Aorta Abdominal**

Os AAA são uma das principais causa de morte em todo o mundo, afetando cerca de 5% a 7% da população com mais de 60 anos. Com grande propensão para rutura são a 15ª causa de morte nos EUA e a 10ª causa de morte em pacientes masculinos com mais de 55 anos. Desde o primeiro EVAR documentado em 1991 que a reparação endovascular se tem afirmado como uma alternativa útil à cirurgia convencional, estando a par ou mesmo sendo superior a esta(18).

De forma geral, um EVAR possibilita uma diminuição dos tempos operatórios, a diminuição das perdas e transfusões sanguíneas, menor morbimortalidade perioperatória e diminuição do tempo de permanência na unidade de cuidados intensivos e no hospital. Ainda que de uma forma precoce possa significar ganhos económicos, o caro *follow-up* dos pacientes acaba por diminuir a diferença face à cirurgia convencional(18).

Os resultados do EVAR são bastante dependentes da seleção apropriada dos pacientes e do material a implantar, bem como do volume de procedimentos e experiência das equipas cirúrgicas(18). Desta forma, facilmente se percebe que nem sempre um EVAR é um procedimento *standard*, sofrendo diversas modificações técnicas. As mais comuns

estão relacionadas com a opção por chaminés, próteses ramificadas, próteses fenestradas ou abordagens combinadas(27).

Um **EVAR** *standard* requer um diâmetro do colo aneurismático entre 19 mm e 32 mm, comprimento proximal de 10 mm a 15 mm, angulação do colo inferior a 60°, zona de *landing* distal de pelo menos 15 mm e diâmetros da artéria ilíaca entre os 8 mm e os 25 mm. Além disso, o acesso femoral/ilíaco deve ser satisfatório, sem grandes estenoses ou calcificações(27). Com as abordagens realizadas, habitualmente com exposição cirúrgica dos vasos femorais/ilíacos, o objetivo passa por colocar um fio-guia rígido que garanta suporte à progressão do corpo principal da endoprótese. Desta forma, após a colocação de um introdutor 5F-8F progride-se um fio-guia *standard* até ao arco aórtico. Com a ajuda de um cateter realiza-se a troca de fio-guia por um guia rígido (*Amplatz superstif®*, *Backup Meier®*, *Lunderquist®*, entre outros). No lado contralateral opta-se pela colocação de um cateter angiográfico, normalmente um *pigtail*, sobre D12-L1 para realização das angiografias prévias e de controlo da abertura da endoprótese. O lado pelo qual se faz progredir o corpo principal da endoprótese é escolhido de acordo com a melhor anatomia ou opta-se pelo lado da emergência mais baixa da artéria renal, habitualmente o direito(19).

Uma vez cateterizado o percurso de subida da endoprótese é necessário identificar a zona de *landing* proximal, de forma a que as artérias renais não sejam ocluídas. Opta-se pela colocação da endoprótese na posição aproximada de abertura e realiza-se uma aquisição angiográfica para definir a emergência das artérias renais, abrindo-se o corpo principal ligeiramente abaixo da artéria renal mais distal. Nos sistemas modulares o passo seguinte passa pela cateterização do ramo contralateral, podendo ser necessário recorrer a vários guias e cateteres com diferentes angulações para tal. Depois de cateterizado, determina-se a emergência da artéria hipogástrica (para evitar a sua oclusão) e procede-se à abertura da extensão ilíaca. Também no lado onde foi colocado o corpo principal há a colocação da extensão ilíaca, seguindo-se o balonamento de todas as zonas de *landing* e de sobreposição de ramos protésicos. Por fim é realizada a angiografia de controlo final(19).

As principais complicações associadas ao EVAR estão relacionadas com a existência de endoleaks (quando ainda há opacificação do saco aneurismático após a selagem da endoprótese), trombose da endoprótese ou dos seus ramos, lesão dos ramos de acesso arteriais (o calibre das endopróteses requer um acesso com pelo menos 7 mm de diâmetro), embolização associada à manipulação de guias e cateteres, oclusão das artérias renais (pode haver necessidade de deslocar ligeiramente a endoprótese), rutura

aórtica e necessidade de conversão em cirurgia aberta por dificuldade ou impossibilidade de utilizar a via endovascular na correção do aneurisma(19).

Apesar de tudo, a opção pela **cirurgia convencional** é ainda uma realidade, estando cada vez mais centralizada em hospitais especializados, demonstrando os dados que os resultados cirúrgicos são melhores em centros com grande casuística, que possibilitam a perfusão aórtica distal, recorrem à hipotermia moderada e têm medidas protetoras da espinhal medula. Ainda que se possam minorar os riscos desta abordagem, não podemos esquecer que envolve uma longa incisão tóraco-abdominal, a substituição da porção aórtica afetada juntamente com os seus ramos, cujos órgãos que irrigam sofrem, invariavelmente, algum grau de lesão isquémica(27).

Um dos maiores riscos associados às abordagens convencionais são os elevados tempos de clampagem da aorta, algo que tem vindo a ser contrariado com recurso a **abordagens híbridas**, principalmente para aneurismas tóraco-abdominais. A primeira parte do procedimento consiste no *debranching* dos principais ramos viscerais, nomeadamente o tronco celíaco, a artéria mesentérica superior e/ou as artérias renais, recorrendo-se à aorta supracelíaca ou a uma das artéria ilíacas comuns para implantação do enxerto. Ora com o aporte sanguíneo garantido às vísceras, o EVAR é realizado de forma a excluir totalmente o aneurisma, mesmo que alguns dos ramos viscerais sejam ocluídos, uma vez que os *bypass* prévios impedem a isquémia. A vantagem desta técnica centra-se no evitar de uma reconstrução completa da aorta tóraco-abdominal e na clampagem total da mesma, causando menos *stress* fisiológico(27).

A realização de um **ChEVAR**, tal como nos aneurismas aórticos descendentes, é uma possibilidade, principalmente em situações de urgência onde uma endoprótese ramificada ou fenestrada não está disponível e a cirurgia convencional está contraindicada(31,33,34).

A colocação de uma chaminé pode também ser designada de *snorkeling* e consiste, basicamente, na colocação de um *stent* coberto, estendendo-se este acima da porção proximal da endoprótese aórtica. É mais utilizado em aneurismas torácicos e abdominais com colo curto garantindo a perfusão dos troncos supra-aórticos ou vísceras. Embora nos primórdios o ChEVAR fosse uma técnica para correção de coberturas inadvertidas das artérias renais com a endoprótese principal, acabou por evoluir para uma técnica adjuvante segura e eficaz na correção de aneurismas com anatomia inadequada(28,34). Em termos práticos, nos aneurismas tóraco-abdominais podem ser realizadas chaminés para os quatro vasos, garantindo assim o aporte sanguíneo ao tronco celíaco, artéria mesentérica superior e artérias renais direita e esquerda e excluindo a entrada de sangue no saco aneurismático. Para que o procedimento seja executado é necessário a

cateterização dos ramos a intervencionar usando para tal acessos braquiais ou axilares e colocando o corpo da endoprótese através dos acessos femorais/ilíacos(27).

Num ChEVAR, os vasos a intervencionar são cateterizados com fios-guia a partir dos acessos braquiais/axilares através de bainhas 6 a 8F. De seguida os *stents* (expansíveis por balão ou autoexpansíveis, cobertos ou descobertos) são posicionados e a endoprótese aórtica é colocada a partir dos acessos femorais, procedendo-se ao ajuste dos *stents* chaminé. Os vários *stents* são insuflados em simultâneo com o corpo principal da endoprótese(28,35).

Em algumas situações o *stent* pode ser colocado na porção distal da endoprótese principal, denominando-se a técnica por “periscópio”. Esta facilita a selagem distal nos aneurismas abdominais (possibilitando o aporte sanguíneo às artérias hipogástricas) e tóraco-abdominais, garantindo o fluxo sanguíneo às vísceras. A técnica “sandwich” envolve a colocação de um *stent* coberto posicionado entre dois componentes do corpo principal da aorta(28,34,35).

As principais limitações do ChEVAR são o grande potencial de endoleaks com origem nos espaços entre os *stents* cobertos e a endoprótese aórtica, a migração de um dos *stents* dos ramos viscerais, migração da endoprótese principal por limitada fixação proximal e *kinking* de uma das chaminés colocadas(27). O Registo de Péricles analisou retrospectivamente 898 ChEVAR em 517 pacientes de 2008 a 2014. Com um seguimento médio de 17,1 meses, o ChEVAR demonstrou permeabilidades primárias e secundárias de 94% e 95,3%, respetivamente, e uma sobrevida global de 79%(28).

As endopróteses fenestradas, **FEVAR**, foram desenvolvidas no ano de 1999 e tinham como objetivo o tratamento de pacientes de muito elevado risco cirúrgico e anestésico, sem indicação para uma abordagem convencional ou um EVAR *standard*(36). Estas apresentam uma ou mais fenestrações na sua porção proximal, como se vê na figura 10, permitindo assim a implantação na aorta visceral, tão alto quanto necessário para garantir uma boa fixação proximal e a ausência de endoleaks. Cada endoprótese é construída de acordo com a anatomia e geometria vascular de cada paciente, requerendo exames prévios para planificação e algum tempo para construção. Estão indicadas na correção de aneurismas justarrenais, paraviscerais e tóraco-abdominais em pacientes de alto risco cirúrgico(27,37,38).

A construção de endopróteses fenestradas de tamanho único, adaptáveis a qualquer paciente, ainda não foi desenvolvida com

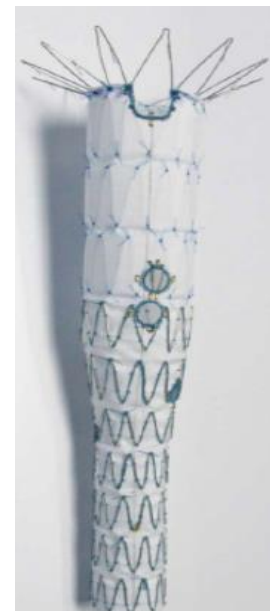


Figura 10 – Endoprótese fenestrada (FEVAR). Adaptado de Timaran C. *et al.* (2017).

sucesso. Cada endoprótese pode ser modificada de diversas formas para que se possa adaptar anatomicamente ao paciente, sendo exemplo disso os “*scallops*”, pequenos entalhes na endoprótese que permitem que as emergências nativas de ramos viscerais continuem patentes e se reduza assim a necessidade de fenestrações(27,28).

Num FEVAR, os marcadores radiopacos descrevem as várias fenestrações, *scallops* e orientação anterior e posterior do dispositivo, facilitando o correto posicionamento e a cateterização precisa. Depois de um pré-posicionamento do corpo principal, os vários ramos viscerais a intervencionar são cateterizados através da respetiva fenestração e neles são colocados *stents* cobertos(28). Vários estudos realizados em mais de 1500 pacientes demonstraram um sucesso técnico de 98%, com uma taxa de mortalidade perioperatória de 2% e complicações, especificamente, isquémia medular em 1% dos pacientes. As endopróteses fenestradas disponíveis comercialmente incluem a Cook® Medical Zenith® *Fenestrated* AAA e a *Fenestrated* Anaconda™ (apenas disponível na Europa) (27).

As principais limitações associadas ao FEVAR estão relacionadas com a complexidade de planejar devidamente a endoprótese e construí-la, o que demora entre 4 a 6 semanas. Além do mais a customização requer profissionais qualificados, é dispendiosa, intensiva e pouco flexível(27). Apesar destes aspectos, na atualidade, em muitos centros cirúrgicos o FEVAR é a primeira linha de tratamento de aneurismas com colo pequeno, justarrenais e suprarrenais, apresentando resultados a médio termo bastante interessantes, seguros e efetivos, ainda que as taxas de reintervenção possam ser algo elevadas(36,39). Em relação ao ChEVAR, a endoprótese fenestrada diminuiu a probabilidade de ocorrência de *endoleaks* tipo I(28,34).

Além das próteses com fenestrações, também as próteses ramificadas, **BEVAR**, têm indicação no tratamentos de muitos dos AAA. Estão particularmente indicadas quando os ramos viscerais emergem do próprio saco aneurismático(38). Existem dois tipos de endopróteses ramificadas, as P e T. As endopróteses de ramo em P apresentam fenestrações em forma de cúpula, criando uma espécie de fenestração pivot que é bastante adaptável a uma variedade de configurações anatómicas. Habitualmente, têm uma configuração com um *scallop* para o tronco celíaco e ramos para as restantes artérias. Os enxertos de ramo em T têm *stents* cónicos para os ramos viscerais conectados à endoprótese principal, permitindo assim a diminuição dos *endoleaks* tipo III, que acontecem por desconexão entre componentes. A grande desvantagem da endoprótese com ramos T está relacionada com o sistema de entrega 20F, com 8 mm de diâmetro para a artéria mesentérica superior e tronco celíaco e 6 mm para as renais, nem sempre adaptável a toda a anatomia(27).

Na versão com quatro ramos, as artérias renais, artéria mesentérica superior e tronco celíaco podem ser cateterizados garantindo a exclusão de um aneurisma tóraco-abdominal, como demonstra a figura 11(27).

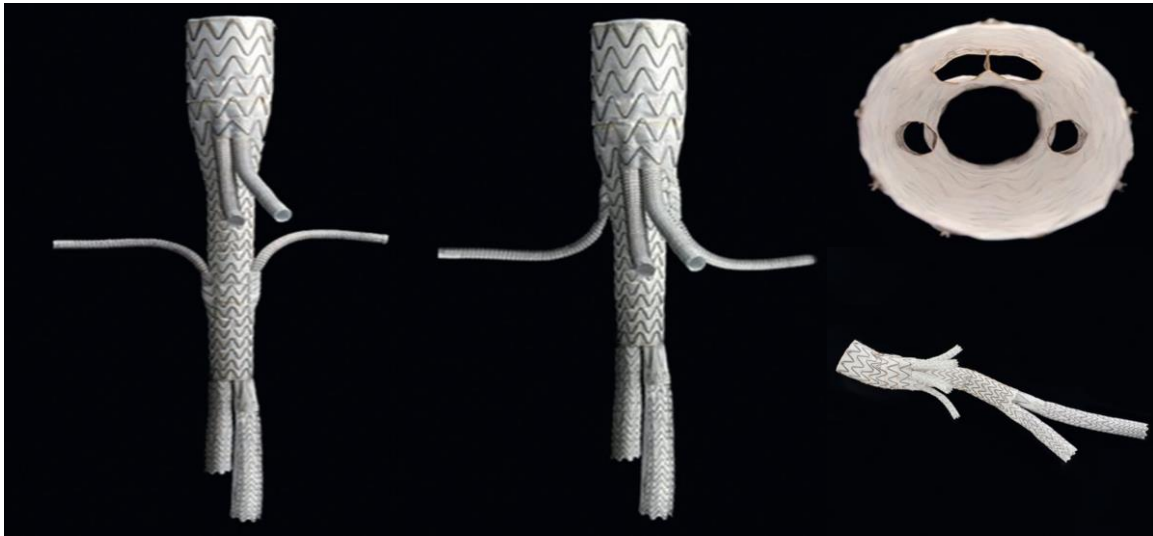


Figura 11 – Endoprótese ramificada para quatro vasos. Adaptado de Sidawy A. et al. (2019).

Num BEVAR, após a introdução do corpo principal e a verificação de que os ramos ficam alinhados com o óstio dos vasos viscerais, procede-se à abertura do mesmo. A existência de grandes aneurismas leva à realização prévia de um TEVAR para garantir suporte à prótese ramificada. Em seguida, através de uma bainha procede-se à cateterização seletiva dos vários ramos a intervencionar, colocando-se *stents* auto-expansíveis ou *stents* expansíveis por balão em cada um deles. Por fim realiza-se uma angiografia de controlo para evidenciar a permeabilidade dos vários ramos intervencionados(38).

O planeamento prévio por imagem de um F/BEVAR é essencial ao sucesso técnico, no entanto existem no mercado endopróteses que podem ser modificadas no momento da sua colocação, tornando-as uma opção mesmo em situações emergentes(27).

Na atualidade, no mercado, a *Thoracic Branch* ou *Cook® Zenith® t-Branch* (Cook® Medical) e a *Gore Excluder Thoracoabdominal Multibranch Endoprosthesis* (W.L. Gore and Associates) são as endopróteses mais utilizadas(27).

Além de todos os procedimentos descritos para a correção de aneurismas abdominais, um atual sistema, o *Nellix® EVAS* (Endologix, Irvine, CA, EUA) recorre a dois *stents* de aço inoxidável expansíveis por balão, cercados por um *endobag* de polifluoroetileno não poroso (PTFE) que é preenchido para encher o saco aneurismático e excluir o aneurisma. Uma solução biocompatível (BioStable) à base de polietileno de glicol preenche o *endobag*, selando o aneurisma em menos de 10 minutos. Um estudo multicêntrico realizado demonstrou sucesso técnico de 100%, 2,7% de efeitos adversos a 30 dias e

94% de sucesso a um ano. Nas situações onde a zona de landing proximal é inadequada, esta técnica pode ser associada à colocação de chaminés(28).

#### 1.4.4. Outras Abordagens Endovasculares Aórticas

Uma abordagem endovascular da aorta que não visa o tratamento de patologia aneurismática mas sim oclusiva é o **CERAB** (*Covered Endovascular Reconstruction of Aortic Bifurcation*). Embora o *bypass* aorto bi-iliaco seja a opção de escolha no tratamento da doença oclusiva da aortoiliaca, o CERAB é uma alternativa segura e viável evitando a reconstrução cirúrgica aberta da bifurcação aórtica(40).

No aspeto técnico, o CERAB compreende dois acessos vasculares arteriais, habitualmente femorais (introdutores 7F e 9F), colocados por via percutânea ou por exposição dos vasos. A lesão oclusiva é ultrapassada, via endoluminal ou subintimal, com cateter e fio-guia hidrofílico, realizando-se uma angiografia para melhor caracterização anatómica do fluxo sanguíneo. Na área da oclusão um *stent* coberto expansível por balão é colocado, ficando distalmente a cerca de 20 mm da bifurcação aórtica. De seguida, dois *stents* cobertos são colocados em cada uma das artérias ilíacas, ficando cerca de 1/3 sobrepostos ao *stent* aórtico previamente colocado. Cada zona de sobreposição entre *stents* é devidamente balonada para evitar que a perda de contacto do mesmos. Para melhor tratar a doença oclusiva, em muitas situações ainda se procede à endarterectomia das artérias ilíacas externas e artérias femorais(38).

Como se vê na figura 12, ao mimetizar a bifurcação aórtica, anatómica e fisiologicamente, o CERAB pode melhorar a taxa de revascularização das técnicas endovasculares e ao mesmo tempo reduzir o risco de graves complicações, quando comparado à cirurgia convencional.



Figura 12 – Revascularização da aorta distal com recurso ao CERAB. Adaptado de Grimme F. *et al.* (2015).

Em muitas situações, devido à extensão da doença aneurismática e à necessidade de manter a permeabilidade das artérias hipogástricas há recurso a endopróteses de bifurcação ilíaca (**IBD**). Ainda que a oclusão da artéria hipogástrica possa ser necessária à reparação endovascular de um aneurisma, a oclusão intencional deste vaso pode originar diversas complicações isquémicas. O IBD pode também ser utilizado nos aneurismas ilíacos isolados, ainda que sejam bastante raros(41,42).

Nos AAA o envolvimento unilateral da artéria ilíaca primitiva está presente em 44% dos casos e o envolvimento bilateral em 11%. Desta forma, a correção endovascular pressupõe a extensão distal da prótese até à ilíaca externa, com necessidade de embolização uni ou bilateral da hipogástrica. No entanto, apesar de inicialmente se pensar ser seguro, a oclusão da hipogástrica tem-se mostrado de risco e levado a complicações isquémicas pélvicas, podendo estas manifestar-se como isquémia cólica, isquémia medular com paraplegia e necrose glútea, claudicação glútea e disfunção erétil. O recurso ao IBD deixa patente o fluxo na região pélvica, tendo indicação em indivíduos jovens, fisicamente ativos e doentes com disfunção ventricular esquerda(42).

Na disseção aguda da aorta, condição grave e de consequências catastróficas, de acordo com as *guidelines* atuais, a intervenção é reservada a complicações como a rutura iminente, a dilatação aneurismática, dor descontrolada ou hipertensão e obstrução de ramos aórticos com má perfusão dos órgãos. A abordagem endovascular, quando indicada, revela-se menos invasiva e com melhores resultados que a cirurgia convencional. O recurso à técnica **STABILISE** (*stent assisted balloon induced intimal disruption and relamination in aortic dissection repair*) é um desenvolvimento de uma técnica já existente (PETTICOAT – provisional extension to induce complete attachment) cujo objetivo consiste no remodelamento da aorta tóraco-abdominal com consequente obliteração do falso lúmen, através da recolocação do retalho de disseção em contacto com a periferia das camadas aórticas(43,44).

Na remodelação do retalho de disseção é necessário a utilização de uma endoprótese coberta (TEVAR), seguindo-se a remodelação da restante anatomia com recurso a stents descobertos, dilatados com um balão complacente (flexível), capaz de adaptar o seu volume a uma determinada pressão, minimizando risco de rutura(43). Sendo uma técnica bastante recente, há poucas séries publicadas. No entanto, são esperados melhores resultados a longo prazo e menores taxas de reintervenção, comparando com abordagens anteriores(45). A figura 13 demonstra a intervenção com recurso ao STABILISE numa disseção aórtica.

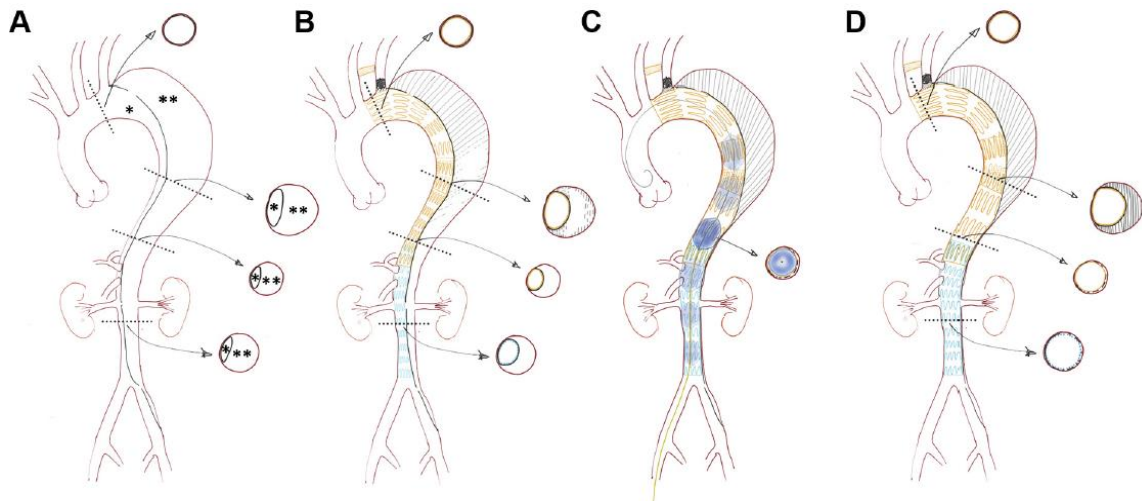


Figura 13 – Esquema do planejamento do STABILISE na disseção aórtica. \* Falso lúmen \*\* Verdadeiro lúmen. Adaptado de Melissano G. *et al.* (2018).

### 1.5.A intervenção do Técnico de Radiologia

A crescente realização de intervenções transcaterter tem modificado bastante a abordagem e terapêutica em muitas das patologias tratadas pela Angiologia e Cirurgia Vascular. A evolução desta especialidade foi determinada por quatro grandes áreas de intervenção científica/tecnológica: 1) conhecimento da história natural das doenças; 2) desenvolvimento de novas tecnologias de imagem aplicadas ao sistemas vascular (Doppler, ecografia de alta definição, TC, RM, PET); 3) standardização dos procedimentos cirúrgicos arteriais e venosos; 4) revolução endovascular(17).

Desde o início dos anos 80, altura em que a Cirurgia Vascular se afirmava como uma especialidade fundamental, se percebeu a sua dependência da Angiografia, primeiramente, no diagnóstico (papel que foi perdendo ao longo do tempo devido à emergência de novos meios complementares) e, mais tarde, na intervenção, sendo fulcral no tratamento de muitas patologias da atualidade. A revolução endovascular foi possível devido à existência de equipamentos que permitiam a atuação à distância da lesão, através de um pequeno acesso superficial. A melhor prática clínica atual, no que à cirurgia endovascular respeita, requer investimento em salas cirúrgicas próprias e dedicadas onde seja possível combinar a imagiologia mais sofisticada com a cirurgia convencional, com todos os requisitos de assepsia de um bloco operatório(17).

A colaboração interdisciplinar é indispensável e necessária à segurança clínica no tratamento das patologias vasculares, estando o Técnico de Radiologia habilitado ao manuseamento dos equipamentos que permitem a avaliação vascular e a intervenção

endovascular, à execução de técnicas de imagem úteis à caracterização das lesões e à atuação na proteção radiológica de toda a equipa cirúrgica.

### **1.5.1. Equipamentos**

A necessidade de rentabilização de equipamentos foi, durante muito tempo, a razão pela qual muitas das salas de Angiografia se localizavam nos serviços de Imagiologia, ainda que os cirurgiões vasculares tivessem acesso privilegiado para atos de diagnóstico e terapêutica. O futuro poderá ser bem diferente, com a evolução do conceito de Cirurgia Vascular para o conceito de Centro Vascular ou Cardiovascular, de acordo com os saberes envolvidos, onde a existência e partilha de equipamentos dedicados à avaliação vascular deve ser uma realidade (salas híbridas, TC, RM, laboratório vascular, reabilitação específica)(17).

Na atualidade, sabemos que o recurso à imagem angiográfica é essencial para muitos procedimentos vasculares, devendo os atos de diagnóstico e terapêutica ser realizados em centros dotados de equipas e equipamentos dedicados. Se, habitualmente, a cirurgia vascular convencional requer o acesso a um bloco operatório, a abordagem endovascular pode ser realizada numa sala de angiografia convencional. No entanto, a elevada complexidade de alguns procedimentos endovasculares, associada à instabilidade hemodinâmica dos pacientes, requer muitas vezes um ambiente de bloco operatório, não esquecendo as múltiplas situações em que abordagens endovasculares têm de ser convertidas para cirurgia aberta por complicações. Sabemos que os requisitos de uma sala de bloco operatório são diferentes de uma sala de angiografia convencional, pelo que, quando se planeia um espaço dedicado à realização de procedimentos vasculares podem ser tomadas três grandes opções: modificação de uma sala de angiografia para que cumpra os requisitos de um bloco operatório, a adaptação de uma sala de bloco convencional com recurso a um equipamento de fluoroscopia móvel com capacidade de processamento de imagem para Cirurgia Vascular ou montagem de um angiógrafo numa sala de bloco operatório (sala híbrida)(46). As opções terão de ser consideradas de acordo com o tipo de procedimentos a realizar, o número de cirurgias, a tipologia dos pacientes, o tipo de centro terapêutico e a população abrangida.

Uma sala de Angiografia deve ser dotada de espaço suficiente para colocação do angiógrafo, material de emergência e monitorização do paciente, ventilador e material de anestesia, acessórios necessários aos procedimentos e espaço de recobro. O tamanho ideal ronda os 65m<sup>2</sup>, devendo toda ela ser revestida a chumbo (para proteção radiológica) e ser dotada de portas suficientemente largas para admitir as camas e todo o

equipamento auxiliar. A altura estimada ronda os 3,5m a 4m, com espaço adicional em cima para colocação de todos os componentes mecânicos. Para que funcione adequadamente, deve ter pontos de eletricidade para equipamentos auxiliares em número suficiente, zona de lavagem para a realização da assepsia da equipa cirúrgica, uma zona de sujos, gases de anestesia canalizados e sistema de sucção, equipamentos de monitorização fisiológica, luzes cirúrgicas com montagem de teto, zona de armazenamentos, equipamentos de ultrassonografia disponíveis e acessíveis e material de manometria(33).

O equipamento utilizado é essencial ao procedimento. Na colocação de endopróteses simples, fenestradas ou com ramos, a qualidade de imagem pode fazer a diferença, variando esta de acordo com a realização dos procedimentos num equipamento fixo ou com recurso a um arco móvel em C (figura 14)(33,46).



Figura 14 – Equipamentos utilizados em cirurgia vascular. A – Arco móvel em C; B – Angiógrafo com montagem de teto; C – Angiógrafo montado em sala híbrida.

<https://www.usa.philips.com/healthcare/solutions/interventional-xray/interventional-radiology>

No que respeita à qualidade de imagem, esta é superior nos equipamentos de montagem fixa. Tal facto está relacionado com o tamanho do ponto focal, sendo este menor, o que permite uma resolução de imagem superior, bem como com a resolução dos monitores de visualização de imagem, sendo a dos sistemas fixos de maior qualidade, tendo o dobro das linhas de resolução dos sistemas portáteis. Também o gerador que equipa os sistemas é fundamental na qualidade de imagem. Num sistema móvel, a mobilidade é possível à custa de geradores menos potentes e menos capazes de produzir feixes de radiação de qualidade. Os sistemas fixos têm geradores que possibilitam maior poder de penetração (maior potencial de ampola) levando a melhor qualidade de imagem. Apesar de tudo, na atualidade, os sistemas portáteis são mais do que suficientes para a maioria dos procedimentos realizados. No procedimentos endovasculares complexos, o recurso a sistemas fixos será sempre uma mais valia(46).

Um dos grandes problemas associados aos procedimentos endovasculares é o tempo cirúrgico, levando muitas vezes ao aquecimento do equipamento. Este é bastante raro nos equipamentos fixos mais modernos, equipados com ânodos rotativos e bons sistemas de arrefecimento, quer a água, quer a óleo. Os sistemas móveis, embora

dotados de sistemas de arrefecimento e ânodos rotativos, são menos eficientes na dissipação do calor, pelo que são mais propícios ao aquecimento(46).

O campo de visualização é, igualmente, uma grande diferença entre os equipamentos móveis e fixos de angiografia. Os sistemas móveis possibilitam campos circulares de 31cm quando equipados com intensificadores de imagem e 31cm\*31cm quando dotados de detetores planos. Os sistemas fixos têm campos de visão muito superiores (até 57cm), permitindo a visualização de grandes áreas anatómicas, minimizando-se assim o número de aquisições. O menor número de aquisições leva a uma menor desgaste do equipamento, bem como a um procedimento mais otimizado do ponto de vista de dose de radiação(46).

No que respeita aos custos, as diferenças entre os sistemas fixos e móveis é enorme. Um arco móvel em C tem a vantagem de poder ser utilizado por diversas especialidades e em diferentes salas, podendo o seu custo ser diluído por diversos centros de custo. Um sistema fixo, muito mais caro, só será custo-efetivo se se realizarem muitos procedimentos endovasculares, sendo habitual a partilha do mesmo por diversas especialidades. Também a complexidade dos procedimentos realizados deve ser tida em conta aquando da aquisição deste tipo de equipamentos. A frequente realização de procedimentos endovasculares complexos, demorados e com recurso a elevados tempos de fluoroscopia necessita de um bom equipamento(46,47).

Os sistemas fixos atuais possibilitam a aquisição rotacional de imagem e a reconstrução 2D e 3D do volume adquirido, criando-se imagens semelhantes às que resultam da TC, permitindo igualmente a fusão de imagens com exames de planeamento realizados anteriormente.

Os sistemas móveis são constituídos por duas unidades distintas, o arco móvel em C e a estação móvel de visualização. O processo de produção de radiação X é semelhante aos angiógrafos fixos, onde um feixe de eletrões é acelerado até ao ânodo, devido à aplicação de uma diferença de potencial, interagindo, entre outros, com o núcleo do elemento que o constitui e levando à produção de radiação X. A radiação emergente do paciente poderá ser captada por um intensificador de imagem ou um detetor plano. Nos intensificadores de imagem há a conversão do feixe em luz e a criação de eletrões pelo fotocátodo, sendo os mesmos acelerados e capturados por uma câmara que converte o sinal analógico em digital e o envia para um monitor remoto. Nos detetores planos pode existir uma prévia conversão do feixe de radiação em luz, através de um elemento cintilador, sendo o sinal lido por uma matriz TFT e exibido digitalmente num monitor(47). O feixe de radiação X emergente pode também ser convertido, imediatamente, em cargas elétricas e as

mesmas captadas pela matriz *Thin-Film-Transistor* (TFT) e o sinal exibido digitalmente, não havendo nenhuma prévia conversão em luz (sistema digital direto)(48).

Quer se opte por sistemas móveis ou fixos é imperativo que os mesmos disponham de um conjunto de aplicações próprias ao estudo vascular. A realização de subtração digital de imagem e mapeamento vascular é essencial, além disso, devem recorrer a fluoroscopia pulsada de baixa dose, com múltiplos pulsos por segundo (1 a 15 f/s), dispor de diversos colimadores (retos e circulares) e filtros, possibilitando a sua colocação e ajuste sem aquisição de imagem em tempo real, retenção da última imagem ou série realizada, movimentos sincronizados entre o equipamento e a mesa de exame (no caso dos sistemas fixos) e matriz de imagem de 1024\*1024 ou 2048\*2048. Estes equipamentos devem também estar dotados de múltiplas ferramentas de processamento de imagem que permitam: 1) alteração da máscara na subtração digital e *roadmap*; 2) ajuste da imagem máscara (*pixel shift*); 3) criação de anotações; 4) alteração de janelas de visualização e modificação do histograma da imagem; 5) quantificação de distâncias, áreas e volumes; 6) quantificação de estenoses e 7) fusão de imagem com outros métodos(27,33).

Quando se realizam procedimentos endovasculares o uso de uma marcaça radiotransparente, habitualmente de fibra de carbono, é um elemento facilitador, principalmente quando se recorre a sistemas móveis de aquisição de imagem. Este tipo de marcaça permite uma redução de dose de radiação para o paciente e profissionais e melhora a qualidade de imagem, possibilitando também uma maior variabilidade de projeções, visto não existir material radiopaco a dificultar as aquisições de imagem(46).

A maioria dos procedimentos vasculares pode ser realizado de acordo com a disposição apresentada na figura 15, independentemente do local e do tipo de equipamento utilizado, salvaguardando-se o facto de o recurso a equipamentos móveis permitir uma maior adaptabilidade ao tipo de procedimento e sala de realização do mesmo.

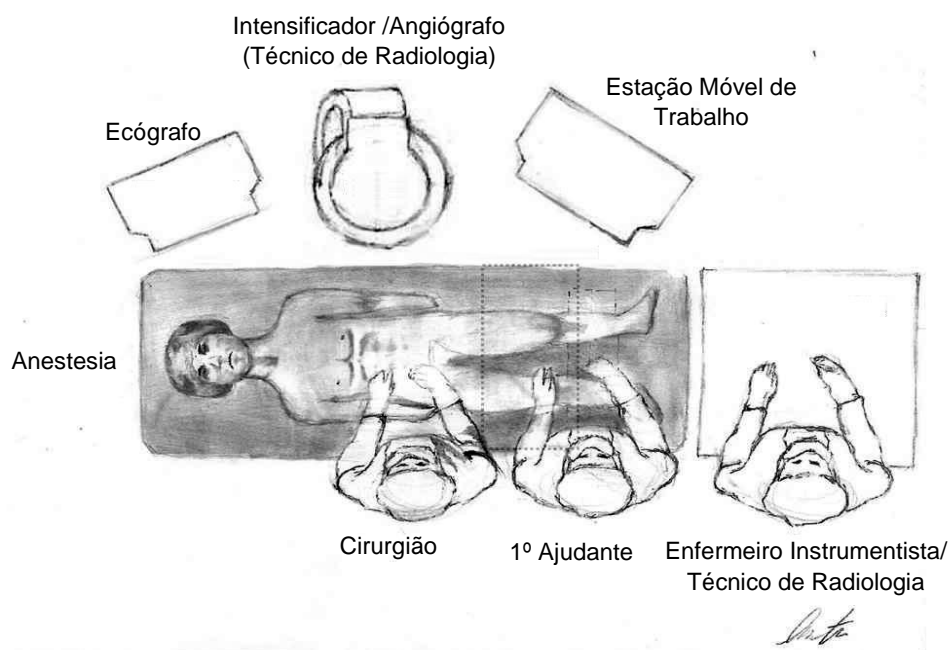


Figura 15 - Disposição da equipa cirúrgica num procedimento endovascular. Adaptado de Joh J. (2019).

É de notar que a opção por cada um dos equipamentos tem impacto no número de Técnicos de Radiologia envolvidos no procedimento. A realização de cirurgias com equipamentos móveis requer apenas um Técnico, enquanto procedimentos mais complexos realizados nas salas de angiografia requerem que um dos Técnicos esteja estéril, uma vez que a manipulação do material a implantar ocorre muito próximo da consola de comandos acoplada à mesa de exame, e haja outro Técnico responsável pelas medições a fazer, abertura de material, reposição do contraste e manipulação do injetor(27).

### 1.5.2. Exposição e Dose de Radiação

A preocupação com a exposição à radiação X é particularmente premente no campo da cirurgia vascular, onde os procedimentos endovasculares estão a constituir-se como o pilar da prática clínica. A angioplastia periférica e carotídea, bem com a reparação endovascular de aneurismas aórticos/disseções e o recurso a endopróteses fenestradas e ramificadas para procedimentos complexos revela como o recurso à radiação X ocupa uma das primeiras linhas terapêuticas da cirurgia vascular. Não esquecer ainda, que para muitos dos pacientes, a TC será o método de eleição no *follow-up* das suas patologias

vasculares e coronárias, havendo uma exposição à radiação elevada ao longo das suas vidas(27).

A radiação é uma forma de energia que se propaga de um ponto a outro, no vácuo ou em meio material, podendo ser uma onda eletromagnética ou partícula. De acordo com a sua energia, pode levar à ionização de átomos (radiação ionizante – radiação X, gama, beta) ou não ser suficiente para a ionização de partículas (radiação não ionizante – ultrassons, micro-ondas)(27).

Na Radiologia, em particular na fluoroscopia, há duas grandezas dosimétricas de extrema importância, o *Kerma à entrada da Pele* (ESK) e o *Air-Kerma-Área Produto* (KAP). A primeira corresponde a quantidade de energia absorvida pelos tecidos à superfície da pele incluindo a radiação de retrodispersão. A sua unidade é o Gray (Gy) e é medida de forma direta com dosímetros colocados na superfície do paciente no centro do campo de exposição, ou calculada através dos parâmetros de exposição e de medições do *output* da ampola. Já o KAP é o produto entre a dose emitida (Gy) pela área irradiada à superfície da pele (cm<sup>2</sup>), excluindo a radiação de retrodispersão. Esta grandeza é independente da distância entre a ampola e o paciente e dependente dos parâmetros de exposição e da colimação utilizada(49,50).

O efeito biológico associado à radiação depende da energia total depositada no organismo, da radiosensibilidade dos órgãos afetados e do tipo de radiação utilizada. Desta forma, os conceitos de dose absorvida, equivalente de dose e dose efetiva são também bastante utilizados para quantificar a radiação para fins de avaliação do risco e estabelecimento de limites(27).

A dose absorvida ( $D$ ) é a energia média depositada pela radiação num determinado ponto de interesse e numa determinada massa, sendo medida em Gray. Na interação da radiação com a matéria nem sempre há a total absorção da energia, devido aos múltiplos modos de interação e à própria natureza do material, pelo que a dose absorvida corresponde à energia que, efetivamente, levou à ionização de átomos, quebras de ligações de químicas e incremento da energia cinética das partículas(49,50). O equivalente de dose ( $H$ ) é obtido multiplicando a dose absorvida pelo fator de qualidade, isto é, o valor de efetividade biológica relativa dos diferentes tipos de radiação, na indução de determinado efeito biológico. É expressa em Sievert (Sv) e permite a equivalência entre doses de diferentes tipos de radiação para produzir o mesmo efeito biológico. Dado que o fator de qualidade efetivo para a radiação X é 1, nos procedimentos fluoroscópicos a dose absorvida é igual ao equivalente de dose. Como os diferentes tecidos e órgãos têm diferente sensibilidade à radiação, é necessário abordar o conceito de dose efetiva, que consiste no somatório das doses equivalentes médias nos tecidos e órgãos,

ponderadas pelos fatores de peso dos mesmos, sendo medida em Sievert. Esta grandeza é bastante útil na radioproteção, na medida em que, prospectivamente, é um referencial no planeamento e otimização da proteção radiológica e, retrospectivamente, possibilita a avaliação do risco associado à exposição. Não é, no entanto, um indicador preciso do risco individual, pois na sua determinação não há referência à idade, género ou qualquer outra característica individual(27,49–51).

Dado o risco associado à exposição radiológica, é imperativo, que os procedimentos radiológicos sejam otimizados. O Técnico de Radiologia deve conhecer as principais formas de minimizar a exposição radiológica do paciente e de toda a equipa envolvida no procedimento. Existem três medidas que são essenciais para a proteção radiológica e estão relacionadas com o tempo de exposição, a distância à fonte de radiação e a utilização de barreiras de proteção(47). O tempo de exposição à radiação deve ser minimizado o mais possível, de acordo com a necessidade do procedimento, devendo evitar-se a repetição de aquisições e o uso de fluoroscopia para além do necessário. Os parâmetros de aquisição devem ser minimizados e a fluoroscopia otimizada, optando-se pelo uso de fluoroscopia pulsada. Deve ponderar-se a necessidade de grelha anti difusora e garantir que no final de cada exposição fluoroscópica o último frame é mantido no monitor para visualização da equipa cirúrgica(47,51). Toda a equipa deve saber que a distância à ampola de radiação X é importante para a proteção radiológica, de acordo com a lei do inverso do quadrado das distâncias, até porque a maior parte da exposição da equipa resulta da radiação dispersa e não do feixe incidente. Desta forma, sempre que possível os profissionais devem evitar a exposição ao feixe de radiação primário e afastar-se o mais possível da fonte. Para minimizar esta exposição deve utilizar-se equipamento de proteção radiológica individual, nomeadamente avental de chumbo, protetor de tiróide, óculos plúmbeos e dosímetro. O cirurgião e os seus ajudantes devem ainda utilizar luvas de chumbo e colocar as cortinas protetoras entre o paciente e a sua posição sempre que possível(47,51).

Do ponto de vista dos protocolos de aquisição de imagem, o Técnico de Radiologia deve garantir a adequação do tipo de fluoroscopia e dos pulsos por segundo ao procedimento e área anatómica, selecionando os parâmetros mais adequados. Além disso deve: 1) assegurar uma colimação efetiva da área em estudo; 2) recorrer a ampliações somente quando necessário, e sempre colimações eletrónicas e não geométricas, garantindo uma adequada distância entre a fonte de radiação X e o paciente, 3) maximizar a distância entre a fonte e o paciente; 4) minimizar a distância entre o detetor e o paciente; 5) minimizar a sobreposição de imagem quando faz aquisições sequenciais da estrutura anatómica em estudo; 6) recorrer aos *softwares* de redução de dose disponibilizados

pelos fabricantes dos equipamentos; 7) monitorizar a dose associada ao procedimento em curso alertando toda a equipa; e 8) ter formação e treino adequado no que respeita aos procedimentos a realizar, garantindo assim a ausência de exposições desnecessárias(27,47,51–54).

### 1.5.3. Meios de Contraste

A realização de procedimentos endovasculares requer o uso de meios de contraste que permitam a opacificação dos vasos a estudar(27,55,56). De forma geral, os produtos de contraste são radiopacos condicionando uma densidade superior face aos tecidos vizinhos, no entanto, há meios de contraste que levam à diminuição da densidade dos tecidos, como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), possibilitando assim um bom detalhe anatómico vascular. A escolha do produto de contraste mais indicado é essencial à qualidade de imagem e sobretudo à segurança do paciente(27).

O CO<sub>2</sub> foi inicialmente descrito na década de 70, não tendo grande utilidade até ao início do século, altura em que as cirurgias endovasculares se afirmaram como uma opção terapêutica e era necessária uma alternativa ao meios de contraste convencionais. Na atualidade, o CO<sub>2</sub> é utilizado em procedimentos aórticos, aortoilíacos e femoropoplíteus quando os pacientes têm contraindicações ao uso do contraste iodado(55), até porque, apesar da melhoria nos equipamentos e técnicas de pós-processamento, a qualidade de imagem permanece inferior à dos agentes de contraste convencionais. Na figura 16 é possível visualizar uma aortografia com recurso à injeção de CO<sub>2</sub>.

Os sistemas angiográficos atuais dispõem de configurações que dependem do tipo de contraste a ser utilizado, sendo que a grande diferença se

situa ao nível do número de imagens por segundo a adquirir, sendo maior quando se utiliza CO<sub>2</sub>, pois este desloca mais rapidamente o sangue e acaba por se dissolver num curto espaço de tempo. A injeção de contraste é realizada com recurso a um sistema onde uma bolsa de gás de 1500 mL está conectada à rampa/botija de CO<sub>2</sub> e o sistema de entrega consiste numa tubulação com uma torneira distal bidirecional e duas válvulas de retenção. A esta torneira é conectada uma seringa *Luer-Lok* (30 a 60 mL) que permite a aspiração do CO<sub>2</sub> e, com a modificação da posição da torneira, a sua injeção no cateter(27,55).

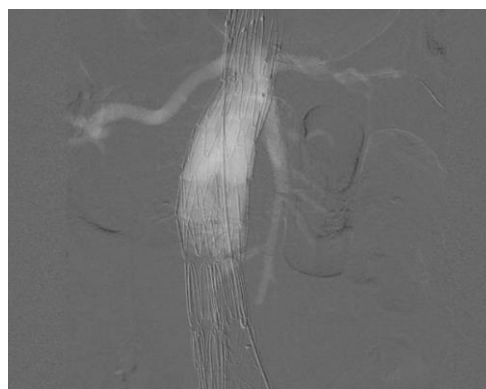


Figura 16 - Aortografia com recurso a injeção de CO<sub>2</sub>. Adaptado de Mendes C *et al.* (2016).

Quanto aos produtos de contraste à base de iodo, estes são os mais utilizados na realização de procedimentos endovasculares. A presença de átomos de iodo conduz à absorção da radiação X e possibilita a visualização das estruturas pelas quais o produto de contraste circula(27). De forma geral são seguros e o risco associado à sua utilização é mínimo, contribuindo para tal a correta avaliação prévia do paciente. A classificação dos contrastes iodados é feita de acordo com a sua osmolaridade (alta, baixa ou iso), ionicidade (iônicos ou não iônicos) e número de anéis de benzeno (monómeros ou dímeros). Os contrastes não iônicos são os que causam menor desconforto para o paciente e os agentes de baixa ou iso osmolaridade têm associado menor número de reações adversas. Para estes, as reações adversas fatais estão estimadas em uma morte por cada 170000 injeções(56).

A injeção de contraste iodado pode ser manual ou com recurso a injetor automático. A injeção manual requer apenas uma simples seringa, podendo haver recurso a um dispositivo coletor que possibilita a mistura entre o contraste e o soro fisiológico, e a eliminação de qualquer ar presente no sistema. A quantidade de produto de contraste a injetar dependerá da condição renal do paciente e do tipo de vaso a visualizar. Diluições da mesma quantidade de contraste e soro fisiológico possibilitam boas opacificações, devendo os volumes ajustar-se à anatomia a evidenciar(27). A utilização de

Location	Suggested Method	Injection Rate (mL/s)	Total Volume (mL)
Aortic arch	Power injection	20	40
Selective carotid	Hand or power injection	3-5	5-10
Selective vertebral	Hand injection	2-4	2-4
Selective subclavian or brachial	Hand or power injection	5-10	10
Abdominal aorta	Power injection	20	40
Renal or mesenteric	Hand injection	3-5	5-10
Iliac artery	Hand or power injection	10	10
Infrainguinal segments	Hand or power injection	5-10	10
Aorta to pedals, stepped run	Power injection	20	90 <sup>a</sup>

Tabela 7 - Sumário dos volumes e fluxos de contraste por tipologia de injeção. Adaptado de Sidawy A et al. (2019).

sistemas de injeção automáticos permite uma correta seleção da pressão de injeção, fluxo e volumes de contraste, bem como uma sincronização do tempo de injeção com o momento de aquisição de imagem. A sua utilização é mais habitual em grandes artérias, onde a distribuição do contraste deve ser uniforme para uma adequada qualidade de imagem. Pressões superiores a 800 psi podem ser atingidas, sendo da responsabilidade do cirurgião vascular a seleção dos parâmetros mais ajustados ao vaso a estudar, ao material utilizado (cateter) e à forma como este está posicionado(27). O tipo de injeção, automática ou manual, bem como os fluxos e volumes por arteriografia são apresentados na tabela 7.

Apesar de ser necessário o recurso a produtos de contraste na avaliação vascular, não podemos esquecer que há riscos associados. Pensa-se que a sua toxicidade sistémica está, em parte, relacionada com a sua hiperosmolaridade. Os efeitos adversos mais

frequentes são as náuseas, vômitos e dor associada à progressão do contraste, sendo esta tanto maior quanto maior a osmolaridade, daí que seja preferível o recurso a agentes de contraste não iônicos. Outras reações estão associadas à libertação de histamina, como a urticária, o broncoespasmo e o edema da laringe (tratados com recurso a anti-histamínicos ou medicamentos adrenérgicos como o albuterol ou a epinefrina). Em algumas situações, raras, a paragem cardiorrespiratória é a reação adversa, envolvendo esta suporte hemodinâmico com vasopressores e ventilação mecânica para suporte respiratório. A existência de reações adversas prévias a produtos de contraste deve ser sempre identificada e os pacientes, antes de novo exame, devem fazer profilaxia com corticosteroides(27).

Os agentes de contraste atuais estão também associados a toxicidade hemática, na medida em que conduzem à inibição de múltiplos fatores de coagulação e minimizam a atividade da antitrombina, evidenciando ainda propriedades antifibrinolíticas. Este aspeto é de enorme importância na coagulação sanguínea dentro dos cateteres e bainhas usadas nos procedimentos, sendo imperativo impedir a possível introdução de trombos frescos na circulação sanguínea(27).

A nefropatia induzida pelo contraste é a reação adversa mais citada e estudada, sendo a terceira causa mais comum de insuficiência renal aguda em pacientes hospitalizados. Dos fatores de risco que predispõem a uma nefropatia, a disfunção renal pré-existente é a mais importante, no entanto a insuficiência cardíaca, a desidratação, a presença de estados hiperosmolares (por exemplo, mieloma múltiplo) e proteinúria grave são fatores relevantes. Na presença de pacientes com estes fatores de risco a injeção de contraste deve ser muito bem ponderada e a realizar-se, o volume de contraste deve ser minimizado, promovendo-se em seguida uma adequada hidratação. Note-se que em pacientes com função renal normal, nem o tipo de contraste nem o volume utilizado parecem desempenhar um papel significativo no desenvolvimento de nefropatia induzida pelo contraste.

Em qualquer situação onde seja necessário a injeção de contraste, o Técnico de Radiologia deve identificar e comunicar a existência de contra-indicações à sua utilização, e nos casos onde se opte pelo recurso ao meio de contraste, os volumes injetados devem constar do processo clínico, bem como o lote administrado e a validade do mesmo. No caso de reações adversas as mesmas devem ser notificadas ao clínico responsável pelo exame e às entidades competentes, quer hospitalares (gabinete de risco) quer governamentais (INFARMED).

## 2. Estudo Epidemiológico

### 2.1. Introdução

O âmbito de atuação da Cirurgia Vascular encontra-se bem definido no que respeita à patologia aórtica, sendo da sua responsabilidade o tratamento das *doenças da aorta com a exceção da aorta ascendente, com ou sem recurso a circulação extracorporeal adjuvante e que podem incluir os aneurismas do arco aórtico, da aorta descendente, abdominal e tóraco-abdominal*, bem como a intervenção na *disseção da aorta, nas aneurismas e arteriopatias inflamatórias e/ou degenerativas não ateroscleróticas e nos traumatismos vasculares*(10).

Importa não esquecer que, enquanto especialidade abrangente, a Cirurgia Vascular foi talvez a especialidade que maiores contributos portugueses teve, desde a introdução da arteriografia cerebral por *Egas Moniz*, aos estudos flebográficos de *João Cid dos Santos* passando pelas linfografias realizadas por *Hernâni Monteiro*. Mas o paradigma de atuação tem vindo a mudar, os avanços imagiológicos e a disponibilidade de salas híbridas têm potenciado o crescimento de abordagens menos invasivas e endovasculares.

No que às patologias aórticas diz respeito, em particular aos aneurismas, tem havido uma crescente utilização de técnicas endovasculares em detrimento das cirurgias convencionais, ficando estas mais destinadas a pacientes com grandes riscos anestésicos, o que modificou a organização hospitalar e levou à criação de centros de referência dotados de meios técnicos e equipas profissionais dedicadas à intervenção endovascular aórtica.

A doença aneurismática da aorta está associada a diversos fatores de risco que vão do tabagismo à DPOC, passando pela hipertensão arterial, história familiar, género masculino e dislipidemias, sabendo-se que, segundo dados de rastreio nos Estados Unidos da América e Europa, cerca de 5% dos homens com mais de 65 anos tem um AAA silencioso(10).

Tendo que conta que a realidade portuguesa no tratamento dos aneurismas aórticos é caracterizada pela maior frequência da cirurgia endovascular face ao tratamento convencional, principalmente em situações eletivas, é de suma importância caracterizar as abordagens endovasculares, definir as regiões anatómicas mais intervencionadas, os dispositivos médicos mais utilizados, as patologias em que são implantados, entre outros. Tendo em consideração que a abordagem endovascular necessita de apoio imagiológico,

torna-se imperativo determinar o perfil radiológico destas cirurgias, quantificando os tempos médios de exposição à radiação e os descritores de dose mais comuns.

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivos:

- Caracterizar a intervenção da Cirurgia Vascular nas patologias aórticas, num Centro de Referência Vascular;
- Determinar o perfil radiológico das intervenções endovasculares;
- Comparar o perfil radiológico dos principais procedimentos endovasculares realizados com as recomendações/referências publicadas.

## **2.2. Metodologia**

O presente trabalho é descritivo e retrospectivo, tendo sido realizada a recolha de toda a informação disponível por um único pesquisador. Pelo número de casos recolhidos constitui um estudo de uma série de casos visando a apresentação de forma organizada das características da intervenção vascular nas patologias da aorta, focando-se no tratamento endovascular e nas suas particularidades(57).

### **2.2.1. Amostra**

Todos os pacientes intervencionados à artéria aorta pela Cirurgia Vascular entre 1 de janeiro de 2018 e 31 de maio de 2019 foram incluídos. Tratando-se, portanto, de uma amostra de conveniência, esta foi dividida de acordo com a abordagem cirúrgica, convencional ou endovascular, e categorizada tendo por base o critério clínico de intervenção, que vai de encontro aos grupos de diagnóstico homogêneos(17). As cirurgias convencionais foram divididas em: aneurisma da aorta torácica, aneurisma da aorta torácica em rutura, aneurisma da aorta abdominal, aneurisma da aorta abdominal em rutura, doença oclusiva (*open*) e outro (quando não havia enquadramento em nenhum dos critérios anteriores). As cirurgias endovasculares foram categorizadas em TEVAR, TEVAR-rutura, EVAR, EVAR-rutura, doença oclusiva (endovascular), EV-complexo (onde se incluiu a utilização de próteses ramificadas, fenestradas, chaminés e a associação de procedimentos como EVAR e TEVAR, EVAR e IBD ou embolizações de ramos vasculares) e híbrida (quando ao procedimento endovascular estava associado um primeiro procedimento convencional, no mesmo tempo operatório). As cirurgias endovasculares foram também analisadas de acordo com o local da sua realização e as equipas profissionais envolvidas.

Para uma melhor análise e comparação dos resultados relativos ao tempo de fluoroscopia e descritores de dose associados à abordagem endovascular procedeu-se, posteriormente, à reorganização das cirurgias por local (eletivas realizadas no bloco operatório central e cirurgias realizadas na sala de angiografia), por complexidade e por equipamento utilizado, optando-se por seguir a classificação de outros estudos(58), onde os EVAR e TEVAR foram analisados em conjunto e os procedimentos endovasculares complexos (colocação de próteses ramificadas, fenestradas e chaminés) foram comparados de acordo com o tipo de aquisição, em sistemas móveis ou sistemas de montagem fixa.

A análise às cirurgias convencionais teve como objetivo determinar o número de procedimentos e a sua distribuição por equipas cirúrgicas.

### **2.2.2. Local do estudo**

O estudo foi realizado num Hospital Central de nível III com urgência permanente 24horas/7dias e com disponibilização de recursos humanos e tecnológicos, diferenciação e capacidade de intervenção diferentes, sendo um centro de referência para as patologias vasculares aórticas(10).

O tratamento das patologias foi categorizado de acordo com o tipo de procedimento em eletivo ou urgente/emergente, sendo a sua execução realizada no bloco operatório central (bloco 3) ou no bloco de urgência (bloco 4), respetivamente. Alguns dos procedimentos endovasculares de maior complexidade foram realizados na sala de Angiografia dos serviços de Imagiologia Geral e Imagiologia Neurológica, sempre com a equipa médica e de enfermagem do bloco operatório central ou bloco de urgência.

### **2.2.3. Equipamentos**

Tendo em conta o local de realização dos procedimentos cirúrgicos, os equipamentos radiológicos utilizados foram diferentes. Nas cirurgias eletivas e urgentes/emergentes realizadas no bloco central e de urgência foi utilizado um sistema móvel em C Philips® *Veradius Unit*, e nas cirurgias realizadas na Angiografia recorreu-se ao Angiógrafo Philips® *Azurion*.

O equipamento Philips® *Veradius Unit* é um sistema que engloba o arco móvel em C e a estação móvel de visualização. Dotado de um gerador de 15 kW, uma ampola com ânodo rotativo constituído por uma liga de RT-TZM (rénio/tungsténio – titânio/zircónio/molibdénio), refrigerado a óleo, potencial de ampola máximo de 120 kV,

filtragem inerente de 1 mm de Al e detetor plano PIXIUM2630Sv com cintilador formado por iodeto de céσιο puro dopado com tálio. O tamanho do pixel é de 184\*184 µm, sendo possível três formatos de imagem com 27, 18 e 13 cm. Este equipamento dispõe de diversas opções de processamento ajustadas à aquisição vascular, como a subtração de imagem digital e o *roadmap*. Aquando da aquisição de imagem, o Philips® *Veradius Unit* possibilita a seleção dos frames por segundo de aquisição de imagem em fluoroscopia e grafia, podendo oscilar entre 1 f/s e 15 f/s, sendo habitualmente, utilizados 8 f/s em fluoroscopia e 4 f/s em grafia. A utilização de exposimetria manual (kV) é muitas das vezes um recurso para evitar o aquecimento da ampola e aumentar o tempo de utilização do equipamento. Com quatro modos de optimização de dose (*low, normal, medium e high*) opta-se por trabalhar nos dois primeiros para assim minimizar a exposição à radiação e aumentar o tempo de fluoroscopia disponível(59).

O equipamento Philips® *Azurion* é um sistema monopiano, com montagem de teto. A ampola permite uma tensão máxima de 120 kV em fluoroscopia e 125 kV em grafia, com filtragem inerente de 0.1 mm de Cu e 1 mm de Al. O ânodo *Maximus Rotalix Ceramic* arrefecido a óleo possibilita uma elevada dissipação térmica útil em procedimentos longos e de alta complexidade. Com um detetor plano de 20 polegadas dispõem de campos de visualização de 48 cm a 15 cm. O tamanho mínimo do pixel é de 154\*154 µm. Os protocolos ajustados à aquisição abdominal, com 7,5 f/s de fluoroscopia e 3 f/s em grafia, associados ao recurso a diversas ferramentas de gestão de dose (*zero dose positioning e ClarityIQ*) fazem deste um equipamento de elevado potencial no estudo vascular. A aquisição 3D rotacional (*XperCT*) é também uma ferramenta útil na avaliação vascular, possibilitando a reformatação das imagens nos três planos bem como a criação de volumes (VRT). A possibilidade de fusão de imagem à TC com contraste prévia é uma ferramenta útil na navegação vascular em tempo real, facilitando a cateterização dos diversos ramos vasculares a intervencionar(60).

#### **2.2.4. Variáveis recolhidas**

Os dados foram recolhidos através do acesso ao PACS, livros de registos cirúrgicos da angiografia, bloco central e bloco de urgência, registos de apoios fluoroscópicos online e livro de registos fluoroscópicos (anteriores a 2019).

Para cada cirurgia convencional recolheu-se o local de realização, o género do paciente, o diagnóstico, a intervenção realizada para posterior classificação e a equipa cirúrgica. Em relação às cirurgias endovasculares recolheu-se o local de realização, o género do paciente, o diagnóstico, a intervenção, a marca de endoprótese implantada, a equipa

cirúrgica, a equipa de Técnicos de Radiologia, o tempo de fluoroscopia, a *Dose-área produto* (DAP), o *Air Kerma incidente* e a marca/volume de contraste utilizado e administrado.

O DAP, em ambos os equipamentos, corresponde ao produto entre a dose emitida pela área irradiada (negligenciando as interações no ar, a radiação extrafocal e a retrodispersão), sendo medida por dispositivos colocados logo abaixo do colimador. É expressa em Gy.cm<sup>2</sup> e depende dos parâmetros de aquisição e do campo de exposição utilizado(48,60).

O *Air Kerma incidente* (medido em Gy) reflete a quantidade de energia depositada no ar ao nível da superfície do paciente ou fantoma, considerando apenas a radiação incidente e não a retrodispersão(49), como demonstrado na figura 17. No arco móvel em C é medido no ponto de referência de entrada do paciente, sendo este definido a 30 cm da superfície de entrada do detetor ou a 69,5 cm do ponto focal. No equipamento Philips® *Azurion* o *Air Kerma incidente* é medido no ponto de referência de intervenção situado 15 cm acima do isocentro (ponto a partir do qual o conjunto ampola/detetor se movimenta).

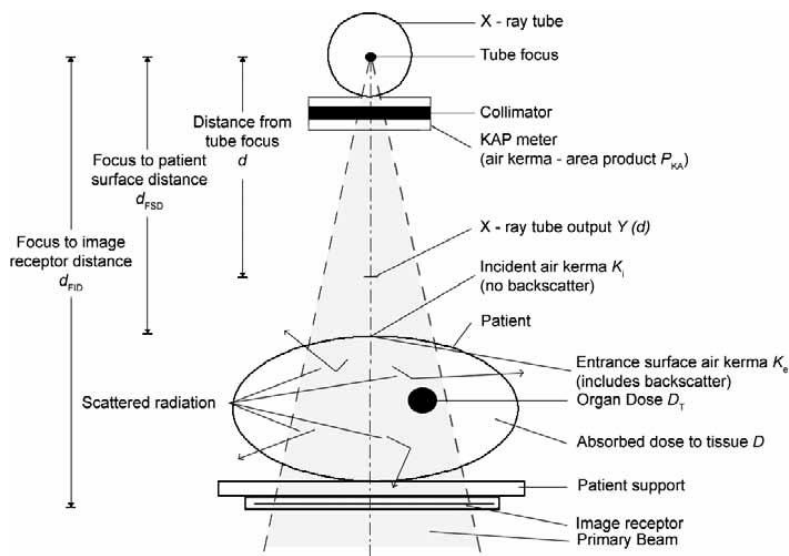


Figura 17 - Grandezas dosimétricas e respetivo local de medição. Adaptado de: IAEA, 2007

Os dados relativos aos parâmetros dosimétricos foram retirados dos relatórios de dose disponíveis no final de cada procedimento em ambos os equipamentos utilizados na aquisição, como demonstrado nas figuras 18 e 19.

Date of birth	<b>11-04-1929</b>	Exam type	<b>Vascular-Abdominal</b>		
Sex	<b>Female</b>	Date	<b>27-08-2018</b>		
		Time	<b>10:53</b>		
		Accession Nr	<b>201827931901</b>		
<b>Mode</b>	<b>Cumulative dose (mGy)</b>	<b>(Gy.cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Time (mm:ss)</b>	<b>No.</b>	
Dynamic acquisition	510	108	118:00		
<b>Total</b>	<b>510</b>	<b>108</b>	<b>118:00</b>		

Figura 18 - Relatório de dose do equipamento Philips® Veradius Unit.

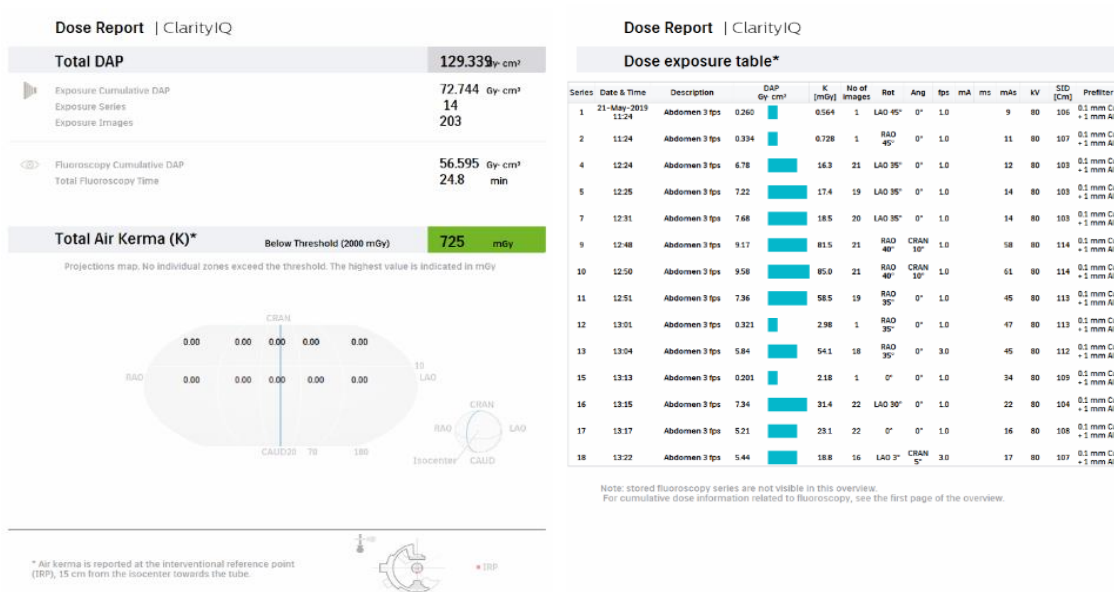


Figura 19 - Relatório de dose do equipamento Philips® Azurion.

## 2.2.5. Aspetos éticos e deontológicos

A recolha de dados retrospectiva, o acesso aos livros de registos cirúrgicos dos blocos central e urgência, bem como da angiografia, foi autorizada pela direção de serviço da Cirurgia Vascular e Coordenação Técnica do Serviço de Imagiologia Geral e Imagiologia Neurológica. O acesso aos dados cirúrgicos e a utilização das imagens foi autorizada aquando do preenchimento e assinatura dos consentimentos informados pré-cirúrgicos. A metodologia de investigação foi desenvolvida salvaguardando-se o anonimato e confidencialidade de todos os dados recolhidos. Não existem conflitos de interesse a declarar.

### 2.2.6. Análise estatística

Os dados recolhidos foram analisados, estatisticamente, com recurso ao *software SPSS Statistics* (versão 22, IBM SPSS, Chicago, IL) e Microsoft® Excel® 2016 MSO.

Para todas as variáveis analisadas foram determinadas as medidas de tendência central e dispersão. Para a determinação de diferenças entre as variáveis realizaram-se testes de verificação da normalidade da amostra e respetivos testes paramétricos (teste t para o valor médio da diferença) e não paramétricos (teste de Mann-Whitney), caso a normalidade da amostra não se verificasse (71–73). Todas as interpretações foram realizadas para um nível de significância de 5%.

## 2.3. Resultados

### 2.3.1. Caracterização da amostra e dos procedimentos cirúrgicos

No período de 1 de janeiro de 2018 a 31 de maio de 2019 foram intervencionados 208 pacientes a patologias aórticas pela Cirurgia Vascular, 168 do género masculino e 40 do género feminino, tendo sido realizadas 87 cirurgias convencionais e 121 procedimentos endovasculares, tal como demonstra o gráfico 1.

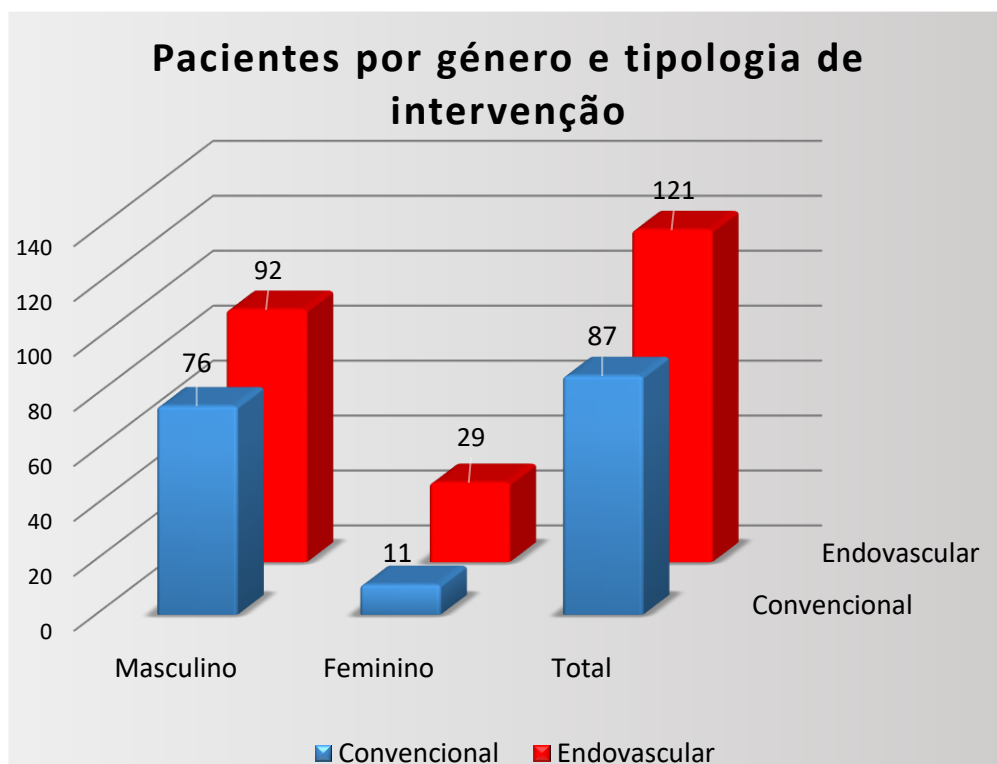


Gráfico 1 - Caracterização dos pacientes intervencionados por género e tipo de intervenção cirúrgica.

Das 87 cirurgias convencionais, 44 visaram a correção de AAA sintomáticos ou assintomáticos contidos, 18 possibilitaram a correção de aneurismas abdominais em rutura, 14 cirurgias foram realizadas por doença oclusiva da aorta distal, 5 por AAT contidos e 2 por AAT em rutura. Os restantes 4 casos resultaram em *bypass* da aorta a ramos viscerais (mesentérica superior) e laparotomias exploratórias por dor aguda abdominal associada ao diagnóstico conhecido de AAA (gráfico 2).

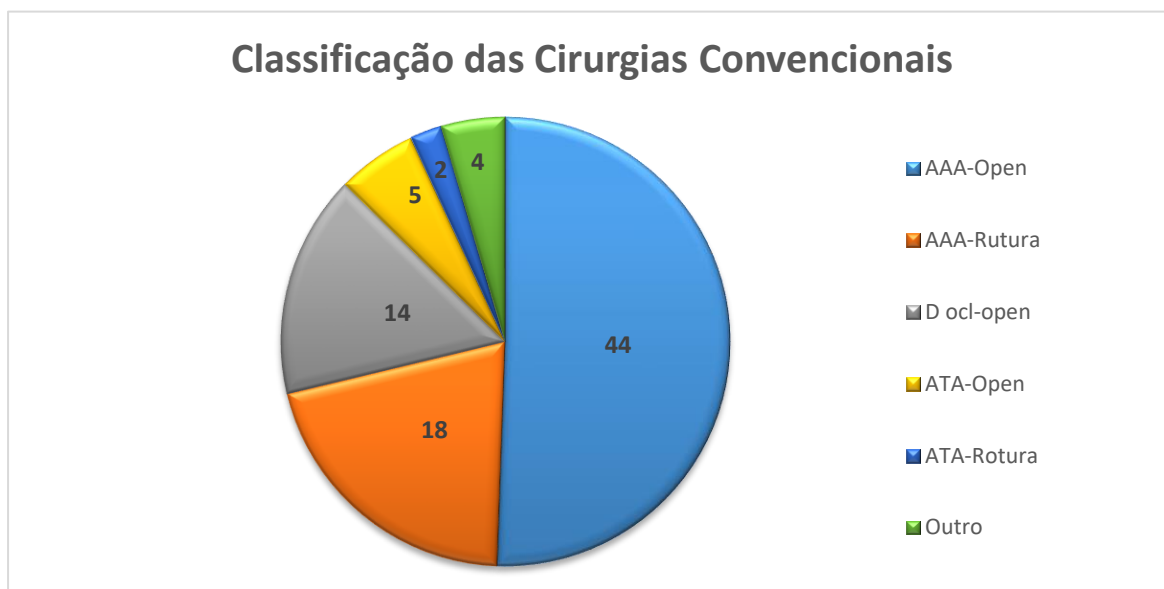


Gráfico 2 - Classificação das cirurgias convencionais

Os procedimentos endovasculares realizados estiveram relacionados com a correção de situações endovasculares complexas em 42 pacientes (BEVAR, FEVAR, entre outros), devido à presença de AAA contido em 39 das situações, por AAT contido em 21 das situações, por AAT em rutura em 6 pacientes, por doença oclusiva distal em 5 pacientes e por rutura de AAA em 2 pacientes. Em 5 pacientes recorreu-se a uma abordagem híbrida (*debranching* cervical prévio à colocação de endoprótese no mesmo tempo cirúrgico) e apenas numa situação cirúrgica não foi possível concluir o EVAR, tal como demonstra o gráfico 3.

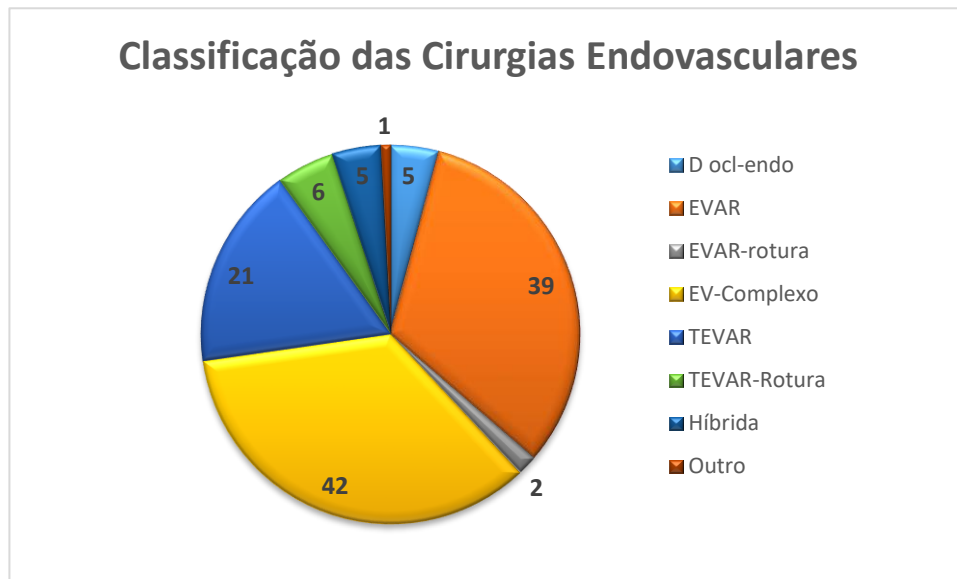


Gráfico 3 - Classificação das cirurgias endovasculares

A distribuição do tipo de abordagem por equipa cirúrgica encontra-se apresentada no gráfico 4, tendo para tal sido considerado a presença de um cirurgião especialista, ou na presença de vários, o mais diferenciado. A equipa liderada pelo cirurgião VM realizou 6 procedimentos convencionais e 5 endovasculares. O cirurgião RF operou 7 vezes por abordagem convencional e 12 vezes por via endovascular. O clínico PA realizou 19 procedimentos convencionais e 25 endovasculares enquanto o cirurgião LS operou 14 pacientes de forma convencional e 5 por abordagem endovascular. O cirurgião LMP realizou 9 procedimentos convencionais e 37 endovasculares e o cirurgião GS concluiu 12 cirurgias convencionais e 12 endovasculares. Por fim, o cirurgião CM realizou 3 abordagens convencionais e 4 endovasculares enquanto o cirurgião AM realizou 17 cirurgias por abordagem convencional e 21 correções endovasculares.

## Comparação entre cirurgias convencionais vs. endovasculares por equipa cirúrgica

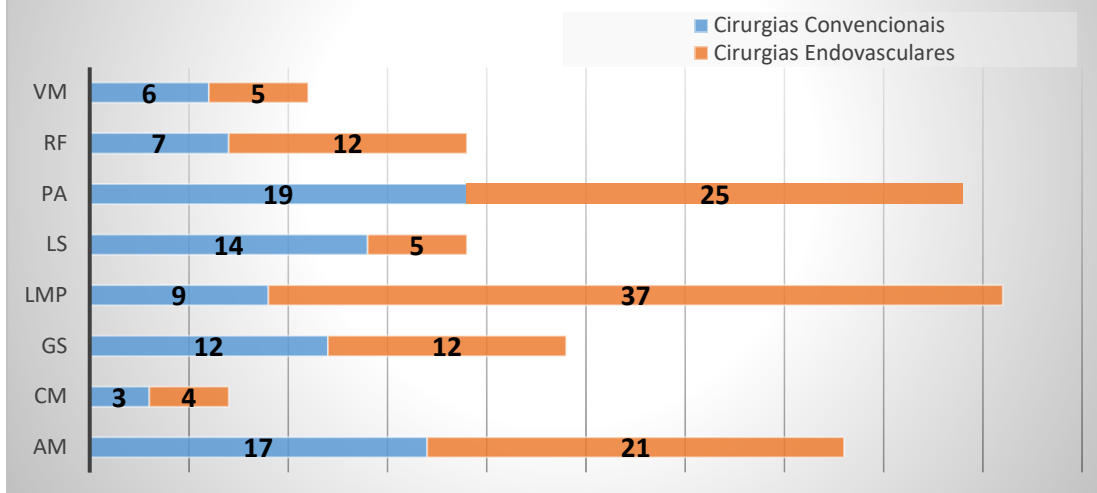


Gráfico 4 - Caracterização das cirurgias por equipa cirúrgica

### 2.3.2. Caracterização dos procedimentos endovasculares

Nos 121 procedimentos endovasculares foram implantados 120 dispositivos endovasculares, uma vez que numa situação não foi possível finalizar com sucesso o EVAR. A marca mais utilizada foi a Cook® (82 procedimentos), seguida da Medtronic® (24 cirurgias), Bolton® (7 cirurgias), Bentley® (4 cirurgias), Gore® (2 cirurgias) e Getinge® (1 cirurgia), como demonstrado no gráfico 5.

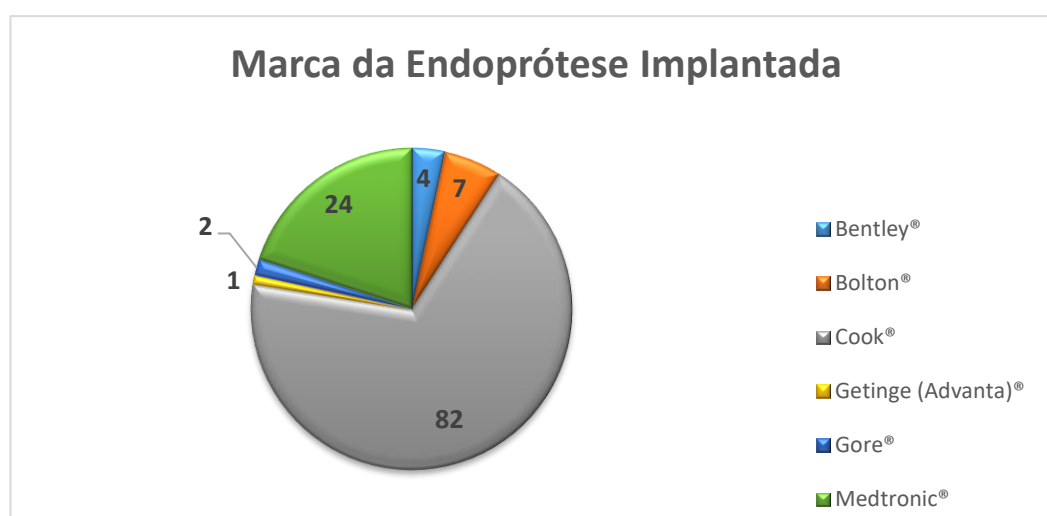


Gráfico 5 - Marca de material endovascular utilizado

A utilização das várias endopróteses em função da classificação cirúrgica é apresentada na tabela 8. A marca mais utilizada em EVAR, TEVAR e procedimentos endovasculares complexos foi a Cook® (20, 19 e 32 procedimentos cirúrgicos, respetivamente). No EVAR, a variabilidade de material implantado foi superior, sendo a Medtronic® a segunda marca mais utilizada (17 procedimentos). No TEVAR, a Medtronic® e a Bolton® foram opção em um caso, cada. Nos procedimentos endovasculares mais complexos também a Medtronic® e a Bolton® foram utilizadas (5 pacientes cada). A Bentley® (4 cirurgias) e a Getinge® (1 cirurgia) foram as opções na correção endovascular da patologia oclusiva aórtica. No EVAR e TEVAR em rutura a marca selecionada para a reparação aórtica foi a Cook® em 6 situações e a Medtronic® e Gore® numa situação cada. Nas 5 cirurgias híbridas realizadas recorreu-se sempre à Cook® para a reparação endovascular.

Tabela 8 - Marca de endoprótese utilizada por classificação cirúrgica

		Marca da Endoprótese					
		Cook	Medtronic	Gore	Bolton	Bentley	Getinge (Advanta)
Classificação do procedimento	EVAR	20	17	1	1	0	0
	TEVAR	19	1	0	1	0	0
	Endo_complexo	32	5	0	5	0	0
	D Oclusiva_Endo	0	0	0	0	4	1
	EVAR_Rutura	1	1	0	0	0	0
	TEVAR_Rutura	5	0	1	0	0	0
	Híbrida	5	0	0	0	0	0

As figuras 20 a 24 evidenciam parte das aquisições fluoroscópicas realizadas em alguns dos procedimentos, bem como os relatórios de dose associados.

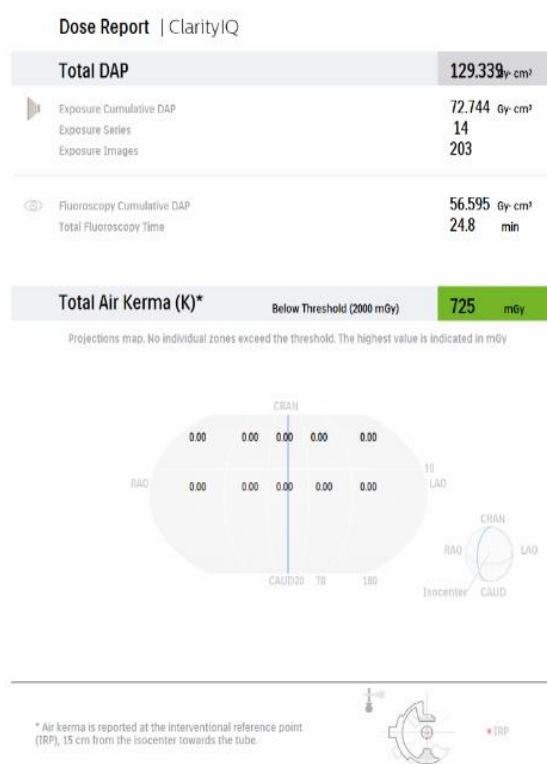
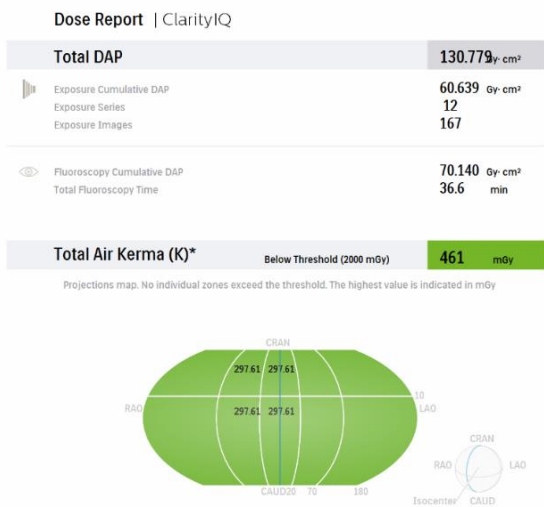


Figura 20 – Imagens relativas à intervenção endovascular num BEVAR e respetivo relatório de dose.



Date of birth	<b>11-04-1929</b>	Exam type	<b>Vascular-Abdominal</b>		
Sex	<b>Female</b>	Date	<b>27-08-2018</b>		
		Time	<b>10:53</b>		
		Accession Nr	<b>201827931901</b>		
Mode	Cumulative dose (mGy)	(Gy.cm <sup>2</sup> )	Time (mm:ss)	No.	
Dynamic acquisition	510	108	118:00		
<b>Total</b>	<b>510</b>	<b>108</b>	<b>118:00</b>		

Figura 21 – Imagens relativas à intervenção endovascular num ChEVAR e respetivo relatório de dose.



**Dose Report | ClarityIQ**

**Dose exposure table\***

Series	Date & Time	Description	DAP Gy·cm²	K [mGy]	No of Images	Rot	Ang	fps	mAs	ms	kAs	KV	SID [cm]	PreFilter
1	14-Jun-2019 11:32	Aortic Arch 3 fps	0.425	0.981	1	RAO 45°	0°	1.0	18	75	108	0.1 mm Cu + 1 mm Al		
2	11:33	Aortic Arch 3 fps	0.313	0.723	1	LAO 45°	0°	1.0	13	75	108	0.1 mm Cu + 1 mm Al		
3	11:45	Aortic Arch 3 fps	3.37	9.97	22	0°	1°	1.0	8	75	108	0.1 mm Cu + 1 mm Al		
5	12:14	Aortic Arch 3 fps	5.98	15.2	17	LAO 40°	CAUD 10°	1.0	16	75	108	0.1 mm Cu + 1 mm Al		
6	12:19	Aortic Arch 3 fps	6.33	16.1	18	LAO 40°	CAUD 10°	1.0	16	75	108	0.1 mm Cu + 1 mm Al		
11	12:44	Aortic Arch 3 fps	10.5	49.0	19	RAO 40°	CRAN 20°	1.0	46	75	119	0.1 mm Cu + 1 mm Al		
12	12:45	Aortic Arch 3 fps	9.11	42.6	15	RAO 40°	CRAN 20°	1.0	50	75	119	0.1 mm Cu + 1 mm Al		
14	12:57	Aortic Arch 3 fps	10.6	49.5	16	RAO 40°	CRAN 20°	1.0	55	75	119	0.1 mm Cu + 1 mm Al		
16	13:08	Aortic Arch 3 fps	2.82	14.4	14	LAO 20°	0°	1.0	18	75	109	0.1 mm Cu + 1 mm Al		
19	13:24	Aortic Arch 3 fps	0.422	0.848	1	LAO 26°	CAUD 3°	1.0	9	75	99	0.1 mm Cu + 1 mm Al		
20	13:24	Aortic Arch 3 fps	5.43	10.9	23	LAO 26°	CAUD 3°	1.0	8	75	99	0.1 mm Cu + 1 mm Al		
21	13:25	Aortic Arch 3 fps	5.37	11.1	20	LAO 1°	0°	1.0	10	75	101	0.1 mm Cu + 1 mm Al		

Note: stored fluoroscopy series are not visible in this overview.  
For cumulative dose information related to fluoroscopy, see the first page of the overview.

Figura 22 – Imagens relativas à intervenção endovascular em simultâneo num BEVAR e TEVAR e respetivo relatório de dose.



Figura 23 – Imagens relativas à intervenção endovascular num TEVAR em rutura, com referências ao pré e pós-operatório.

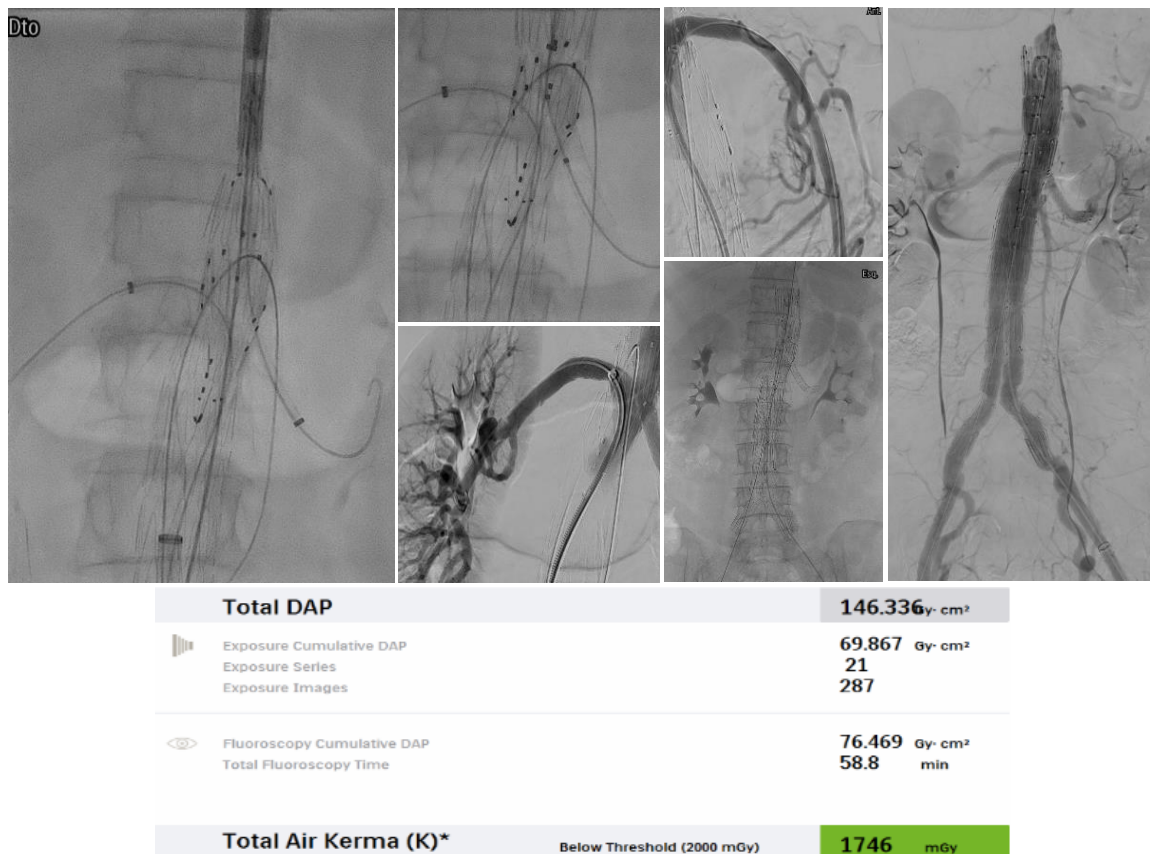


Figura 24 – Imagens relativas à intervenção endovascular num FEVAR e EVAR em simultâneo, com referências ao relatório de dose do procedimento.

Quanto ao local de realização dos procedimentos, 87 decorreram no bloco operatório central, 15 no bloco de urgência e 19 na sala de Angiografia digital. Nas cirurgias realizadas no bloco operatório central, o tempo médio de fluoroscopia foi de 34,6 min, sendo que o procedimento mais rápido se realizou com 5,3 min de fluoroscopia e o mais longo com 142,5 min. No que respeita ao bloco de urgência, os tempos de fluoroscopia oscilaram entre os 5,27 min e os 113,12 min, sendo o tempo médio de 23,3 min. Quanto à Angiografia, o tempo médio de fluoroscopia foi de 63,9 min, tendo os procedimentos variado entre os 7,7 min e os 129,20 min, tal como demonstrado na tabela 9.

A *Dose-área produto* (DAP) média dos procedimentos do bloco operatório central ficou-se nos 63,02 Gy.cm<sup>2</sup> e o *Air Kerma incidente* nos 336,5 mGy. O percentil 75 situou-se nos 80,3 Gy.cm<sup>2</sup> e 428 mGy, respetivamente. No bloco de urgência os valores de DAP e *Air Kerma incidente* médios foram de 57,33 Gy.cm<sup>2</sup> e 296,2 mGy. O percentil 75 situou-se nos 70,1 Gy.cm<sup>2</sup> para o DAP e 389 mGy para o *Air Kerma incidente*. Na angiografia os valores médios de DAP foram de 245,93 Gy.cm<sup>2</sup> e de *Air Kerma incidente* de 1975,58 mGy. O percentil 75 de ambas as grandezas de dose situou-se nos 302,92 Gy.cm<sup>2</sup> e 2436 mGy, como demonstrado na tabela 9.

Tabela 9 - Valores de tempo de fluoroscopia e dose por local de realização do procedimento endovascular

Local do Exame		Tempo de Fluoroscopia		DAP	Air Kerma
Eletivo_B3	Total	Válidos	86	86	86
		Falta	1	1	1
	Média	34,6	63,02	336,5	
	Mediana	23,36	43,1	224	
	Desvio-padrão	29,1	52,75	308	
	Mínimo	5,3	5,8	26,9	
	Máximo	142,5	231	1370	
	Percentil 75	41,27	80,3	428	
Urgente_B4	Total	Válidos	13	13	13
		Falta	2	2	2
	Média	23,3	57,33	296,2	
	Mediana	10,73	51,8	215	
	Desvio-padrão	29,16	52,14	286,9	
	Mínimo	5,27	9,09	57,9	
	Máximo	113,12	210	1130	
	Percentil 75	24,88	70,1	389	
Angiografia	Total	Válidos	19	19	19
		Falta	0	0	0
	Média	63,9	245,93	1975,58	
	Mediana	57,5	208,43	1484	
	Desvio-padrão	39,32	162,8	1486,91	
	Mínimo	7,7	48,35	214	
	Máximo	129,20	653	5500	
	Percentil 75	103,6	302,92	2436	

Da análise do tempo de fluoroscopia, *Dose-área produto* (DAP) e *Air Kerma incidente* por classificação cirúrgica constata-se que os procedimentos endovasculares complexos registaram valores superiores. O tempo médio de fluoroscopia situou-se nos 69,42 min e o DAP e *Air Kerma incidente* nos 179,55 Gy.cm<sup>2</sup> e 1283,1 mGy, respetivamente. Pelo contrário, os EVAR em rutura e TEVAR em rutura registaram tempos de fluoroscopia inferiores aos procedimentos semelhantes, mas com o aneurisma contido, sendo os valores médios de 22,9 min e 9,4 min, respetivamente. As cirurgias híbridas resultaram todas em TEVAR após o *debranching* cervical, com tempo médio de fluoroscopia de 20,14 min e o percentil 75 situado nos 24,64 min. Na correção endovascular das patologias oclusivas aórticas, em média, utilizaram-se 17,71 min de fluoroscopia, com 34,73 Gy.cm<sup>2</sup> de DAP e *Air Kerma incidente* de 187,8 mGy, como evidente na tabela 10.

Tabela 10 - Valores de tempo de fluoroscopia e dose por classificação cirúrgica.

		Média	Mediana	Desvio- Padrão	Mínimo	Máximo	Percentil 75
EVAR	Tempo Fluoroscopia	25,92	22,1	13,67	5,8	83,87	30,28
	DAP	44,21	37,4	34,97	10,3	195	49,9
	Air Kerma	240,3	170	195,4	44,6	882	286
TEVAR	Tempo Fluoroscopia	13,9	13,6	5,56	5,3	22,28	18,56
	DAP	40,25	34,8	23,52	6,84	85,5	57,93
	Air Kerma	169,8	147,0	88,4	26,9	327	237
Endo_complexo	Tempo Fluoroscopia	69,42	61,22	35,22	19,77	142,50	102,60
	DAP	179,55	135,99	131,72	34,8	653	222
	Air Kerma	1283,1	909,5	1201,3	176	5500	1379
D Oclusiva_Endo	Tempo Fluoroscopia	17,71	11,42	13,95	7,27	41,08	19,97
	DAP	34,73	24,2	40,64	5,8	105	30,4
	Air Kerma	187,8	96,3	227	40	588	145
EVAR_Rutura	Tempo Fluoroscopia	22,9	22,9	3,57	20,37	25,42	25,42
	DAP	71,5	71,5	7,5	66,2	76,8	76,8
	Air Kerma	228	228	15,6	217	239	239
TEVAR_Rutura	Tempo Fluoroscopia	9,4	9,02	3,37	5,27	14,57	9,88
	DAP	36,88	36,4	24,97	9,09	70,1	51,8
	Air Kerma	197	159	116	96,2	389	215
Híbrida	Tempo Fluoroscopia	20,14	23,09	7,22	9,5	24,88	24,64
	DAP	55,8	46,9	26,95	35	94,4	74,15
	Air Kerma	273	278,5	145,3	134	401	398,5
Outro	Tempo Fluoroscopia			25,62			
	DAP			43,20			
	Air Kerma			191,0			

Para uma comparação mais real com dados de outros estudos, apresenta-se na tabela 11 os valores de tempo de fluoroscopia, *Dose-área produto* (DAP) e *Air Kerma incidente* por tipo de equipamento utilizado (móvel ou fixo) e complexidade de procedimento (EVAR/TEVAR vs. Endovascular complexo). Da sua análise é possível verificar que a angiografia fica reservada para muitos dos procedimentos complexos, sendo que dos 19 procedimentos iniciais 17 eram complexos, tendo sido excluídos um EVAR e um TEVAR, por não serem representativos do que é realizado nesta sala. O tempo médio de procedimento situou-se nos 69,71 min de fluoroscopia, com DAP médio de 265,33 Gy.cm<sup>2</sup> e *Air Kerma incidente* de 2155,24 mGy. O bloco operatório central tem um maior número de EVAR/TEVAR face aos procedimentos complexos. Em média, num procedimento standard utilizam-se 22,21 min de fluoroscopia, aos passo que num procedimento

complexo os tempos médios rondam os 67,38 min, estando a estes associados valores de DAP e *Kerma* também superiores.

Tabela 11 – Descrição dos parâmetros de exposição à radiação por tipo de equipamento e complexidade do procedimento.

	Número de Casos	Variáveis	Média	Mediana	Desvio-Padrão	Mínimo	Máximo	Percentil 75	Valor <i>p</i>
EVAR/TEVAR Eletivo_B3 Arco Móvel em C	56	Tempo	22,21	20,24	12,43	5,3	83,87	27,19	
		Fluoroscopia							
		DAP	42,54	36,15	30,73	6,84	195	49,63	
		Air Kerma	208,63	162,5	156,15	26,9	882	261,5	
Endo_complexo Eletivo_B3 Arco Móvel em C	24	Tempo	67,38	61,21	33,99	19,77	142,50	91,21	0,837
		Fluoroscopia							
		DAP	117,51	109	58,55	34,8	231	143,25	0,000
		Air Kerma	671,8	607	347,21	176	1370	912,75	0,000
Endo_complexo Angiografia Arco Fixo em C	17	Tempo	69,71	58,8	37,29	21,9	129,2	104,8	0,837
		Fluoroscopia							
		DAP	265,33	217,94	160,88	110,12	653	345,2	0,000
		Air Kerma	2155,24	1600	1467,85	671	5500	2581	0,000

### 2.3.2.1. Descrição dos meios de contraste

Em todas as cirurgias endovasculares houve a necessidade de utilizar produtos de contraste. Na tabela 12 encontra-se a distribuição dos volumes totais abertos e administrados ao paciente por local de realização da intervenção. Constata-se que os volumes de contraste administrados ao paciente são superiores na angiografia pelo facto de ali se realizarem a maioria dos procedimentos endovasculares complexos. Em média, nestes procedimentos utilizaram-se 301,6 mL de contraste, variando entre os 140 mL e os 520 mL. No bloco operatório central utilizaram-se, por procedimento, 201,4 mL de contraste, tendo sido fornecidos à cirurgia 325,6 mL. No bloco de urgência utilizaram-se 260 mL de contraste por cirurgia, em média, sendo o volume aberto de 323,1 mL.

Tabela 12 - Volumes de contraste utilizados nos procedimentos cirúrgicos.

Local do Exame		Volume Administrado		Volume aberto ao procedimento	
Eletivo_B3	Total	Válidos	84		84
		Falta	3		3
	Média		202,4		325,6
	Mediana		172,6		300
	Desvio-padrão		123,95		137,2
	Mínimo		40		200
	Máximo		700		800
	Percentil 75		237,5		400
Urgente_B4	Total	Válidos	13		13
		Falta	2		2
	Média		260		323,1
	Mediana		200		300
	Desvio-padrão		156,9		123,5
	Mínimo		80		200
	Máximo		600		600
	Percentil 75		350		400
Angiografia	Total	Válidos	19		19
		Falta	0		0
	Média		301,6		464,9
	Mediana		280		450
	Desvio-padrão		110,8		114,9
	Mínimo		140		250
	Máximo		520		683
	Percentil 75		385		600

O produto de contraste mais utilizado foi o Visipaque® com concentração de 320 mgI por mL, como demonstrado no gráfico 6, em 77 dos procedimentos. O Ultravist® 370 e 300 mgI/mL de concentração foram a opção em 23 e 10 procedimentos cirúrgicos, respetivamente. Na ausência destes produtos de contraste, o Optiray® 320 e 350 mgI/mL foram recurso em 6 situações.

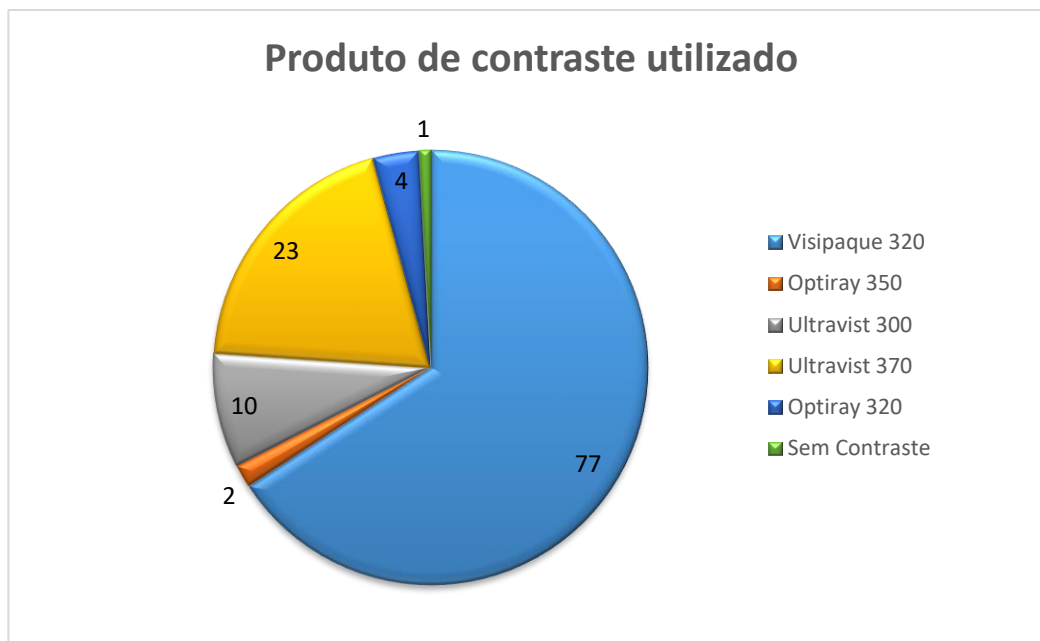


Gráfico 6 - Caracterização dos produtos de contraste utilizados

## 2.4. Discussão

As patologias aórticas, por acometerem a maior artéria do corpo humano, têm um elevado peso nos cuidados de saúde em geral e podem ter consequências fatais para os pacientes. Sabendo que nem todas as situações patológicas têm indicação cirúrgica, nesta série de doentes estudados não podemos menosprezar a realização de 208 procedimentos dirigidos à aorta no espaço temporal de 17 meses.

No que respeita ao género, 168 dos pacientes intervencionados eram do sexo masculino e 40 do sexo feminino. Ainda que do total de pacientes, 19 tenham sido intervencionados a doença oclusiva, continua a verificar-se uma maior incidência de doença aneurismática nos pacientes masculinos, indo de encontro aos dados epidemiológicos que demonstram que esta condição patológica é duas a seis vezes mais frequente nos homens do que nas mulheres, principalmente a partir dos 50 anos, atingindo o pico de incidência nas 7<sup>a</sup> e 8<sup>a</sup> décadas de vida(10).

Do valor total de cirurgias, 121 procedimentos foram endovasculares e 87 convencionais, posicionando-se a atividade cirúrgica do Centro em análise de acordo com os dados registados entre 2009 e 2014 em Portugal(17), havendo maior predominância dos procedimentos endovasculares. Também em concordância com o descrito por Paulo S. *et al.* (2016), a grande maioria das intervenções deveu-se a AAA contidos (sem rutura), quer a abordagem selecionada fosse convencional ou endovascular. A maior diferença entre as duas abordagens, nesta série, situa-se ao nível da intervenção na patologia oclusiva, onde o número de cirurgias por via convencional foi superior (14 vs. 5). Se

considerarmos apenas os aneurismas abdominais, excluindo os complexos, pode constatar-se que a abordagem cirúrgica convencional foi opção em 44 pacientes e a endovascular em 39 pacientes. No entanto, considerando todos os aneurismas (contidos e em rutura), realizaram-se 115 abordagens endovasculares e 69 convencionais.

Um dos grandes desafios que se coloca, ainda hoje, é saber qual a melhor abordagem na resolução da patologia aneurismática da aorta. Uma análise baseada na evidência científica disponível, realizada pela Medical Advisory Secretariat em 2002 tinha como principal objetivo determinar a eficácia e o custo-benefício do EVAR em comparação com a abordagem cirúrgica convencional. No total foram analisados 46 estudos: duas revisões sistemáticas da literatura e 44 publicações entre pequenos estudos randomizados, estudos sem randomização com e sem controlos e alguns estudos de caso. A análise da evidência disponível permitiu concluir que as taxas de sucesso na implantação das endopróteses são elevadas, variando entre os 91% e os 100% (mediana de 97%), sendo consistentes e comparáveis às taxas de sucesso da cirurgia convencional. No entanto, as taxas de sucesso primário, isto é, implantação da endoprótese com permeabilidade, sem *endoleak* e sem conversão para cirurgia aberta, variou entre os 62% e os 98% (mediana de 83,5%), sendo inferiores às taxas de sucesso técnico na abordagem convencional. No que respeita à mortalidade a 30 dias, as taxas são comparáveis entre as duas abordagens (0-8,5%, mediana de 2% para o EVAR e 0-6%, mediana de 4% para a cirurgia convencional). Os dados analisados permitiram ainda concluir que as alterações fisiológicas sanguíneas são menos severas e causam menos isquémia do miocárdio no caso do EVAR e, habitualmente, há menor necessidade de transfusões sanguíneas e menor tempo de internamento em unidade de cuidados intensivos na abordagem endovascular. No entanto, em 6% a 32% dos EVAR (mediana de 12%) houve necessidade de segunda intervenção por *endoleak*, migração, falência da endoprótese e oclusões das artérias renais e ilíacas(61).

No que respeita à análise económica, o EVAR tem associados maiores custo pré e pós procedimento, em parte devido aos exames de imagem envolvidos no diagnóstico e *follow-up* e também ao próprio custo da endoprótese. Concluiu-se que o EVAR pode não ser custo-efetivo nos centros que realizem cirurgia convencional a pacientes de baixo risco, podendo ser uma opção útil em pacientes idosos e sem indicação para cirurgia convencional por elevado risco (anestésico, de mortalidade). Para melhores conclusões é necessário perceber a eficácia do EVAR a longo termo(61).

Um *draft for consultation* do *National Institute for Health and Care Excellence* (2018), ainda em desenvolvimento, com indicações para o diagnóstico e tratamento dos aneurismas abdominais sugere que estes sejam intervencionados em locais qualificados

e nunca seja ponderado o EVAR quando a cirurgia convencional está indicada, nomeadamente, nos aneurismas infrarrenais sintomáticos, assintomáticos com mais de 5,5 cm e assintomáticos com mais de 4 cm e crescimento superior a 1 cm num ano. No entanto, no caso de aneurismas abdominais em rutura, o EVAR deve ser ponderado, principalmente nos pacientes com mais de 70 anos. Nos pacientes do sexo masculino com menos de 70 anos e no caso de aneurismas complexos a cirurgia convencional deve ser a opção. No entanto, há falta de evidencia científica no caso de aneurismas justarrenais, suprarrenais (tipo IV) e infrarrenais com colo curto(62).

Em suma, não se pode afirmar que haja evidência de que o EVAR tenha benefícios a longo prazo face à cirurgia convencional nos aneurismas infrarrenais contidos. Ao EVAR estão associados menos mortes perioperatórias mas mais complicações tardias que carecem de procedimentos extra, sendo pior a sobrevida a longo prazo(62).

O contínuo desenvolvimento das endopróteses parece ter melhorado os resultados clínicos do EVAR(61). A comprová-lo estão os dados do *National Inpatient Sample*, que demonstram que em 2000 5% dos AAA foram tratados com EVAR e em 2010 esse valor subiu para 74%(63), bem como Schwarze M. *et al.* (2009) que demonstrou que nos Estados Unidos o número de cirurgias convencionais nos AAA diminuiu de 17784 para 8451 e o número de procedimentos endovasculares subiu de 11171 para 21725 no mesmo período(64). A adaptabilidade anatómica do EVAR continua a ser a sua grande limitação, sendo a abordagem cirúrgica a melhor opção em situações de anatomia complexa, aneurismas tóraco-abdominais com ramos difíceis para fenestrações ou ramificações, complicações do EVAR e rutura(63,65). O facto do número de cirurgias endovasculares ser na atualidade superior tem impacto na formação dos cirurgiões vasculares, sendo pouco provável que o baixo volume de cirurgias convencionais qualifique os atuais cirurgiões para a realização de correções abertas e seguras de aneurismas, sendo importante a criação de centros regionais de excelência para garantir a adequada formação(63).

No que à realidade portuguesa diz respeito, Sousa P. *et al* (2014) calculou a diferença de custos entre o EVAR e a abordagem convencional. Baseando-se em estudos clínicos internacionais e assumindo que os dados coletados podiam ser aplicados à realidade portuguesa, comprovou que o tratamento endovascular tem uma elevada efetividade, apesar dos resultados de custo-efetividade estarem um pouco acima do que é o limiar de aceitação em Portugal. Tendo por base um conjunto de peritos que analisou as necessidades nas intervenções, bem como as consequências a curto e médio prazo das mesmas, concluiu que o custo do EVAR, enquanto primeira intervenção, era de 11461 euros e da cirurgia clássica 8397 euros, sendo esta diferença justificada pelo preço da

endoprótese. O custo médio estimado do EVAR foi de 16709 euros e da cirurgia convencional de 12130 euros. No cálculo destes custos estão incluídos não só as intervenções como os medicamentos utilizados, os exames de diagnóstico e terapêutica, o internamento, as possíveis re-intervenções e as complicações num horizonte de 18 meses. Os autores concluem também que para uma análise custo-efetividade mais rigorosa é necessário a inclusão dos resultados dos procedimentos a longo-prazo, podendo o EVAR ser uma intervenção economicamente interessante, que aliada aos excelentes resultados na qualidade de vida dos doentes, poderia estar indicado para um maior número de situações clínicas (66).

Na presente série de casos, todas as abordagens endovasculares foram realizadas em três salas distintas com recurso a dois equipamentos, um arco móvel em C e um angiógrafo. Note-se que 17 dos 19 procedimentos realizados na Angiografia foram considerados procedimentos endovasculares complexos, e apenas 24 dos 84 procedimentos realizados com recurso ao arco móvel em C em contexto eletivo foram considerados complexos. Em parte, a alocação de cirurgias de acordo com a sua complexidade a uma determinada sala/equipamento deve-se à inexistência de uma sala dedicada a procedimentos endovasculares.

A criação de uma sala híbrida, equipada com um angiógrafo e condições assépticas permite a realização de cirurgias complexas, com maior segurança para o paciente e profissionais de saúde. A possibilidade de associar a este tipo de salas ferramentas de aquisição e processamento 3D torná-las-ia uma excelente opção para procedimentos aórticos complexos. A grande mais valia destas salas é a capacidade de realização, em simultâneo, de abordagens endovasculares e convencionais, bem como uma maior eficiência na gestão da exposição à radiação e na utilização de produtos de contraste(67). O aparecimento destas salas deveu-se à evolução dos procedimentos cardiovasculares, principalmente das abordagens híbridas e endovasculares, sendo na atualidade, um fator a ponderar na criação de centros dirigidos ao tratamento de patologias vasculares, de acordo com a casuística de cada centro(46).

A criação de uma sala híbrida deve contemplar uma série de pressupostos e deve ser pensada de acordo com a tipologia de procedimentos oferecidos. Na perspetiva dos equipamentos radiológicos, a utilização de um angiógrafo possibilita uma melhor qualidade de imagem, podendo estar indicado para a realização de procedimentos de maior complexidade. No entanto, o recurso a um equipamento móvel permite, também, a sua utilização por outras especialidades e assim uma rentabilização de recursos, sendo manifestamente mais económico. Qualquer que seja a opção, é imperativo que uma sala híbrida seja capaz de estar vocacionada para a prestação do melhor tratamento vascular

aos pacientes e possa, na atualidade, ser dotada de ferramentas de processamento que possibilitem a fusão de imagem em tempo real com a TC ou RM realizada no pré-operatório(46,47).

A incorporação nas sala híbridas de outros métodos de imagem como a TC e a RM é também uma realidade, bem como a realização de aquisições volumétricas com recurso a angiógrafos ou sistemas móveis de arco em C equipados com detetores planos. O recurso à realidade aumentada e a incorporação de todos os métodos de imagem prévios ao procedimento constituem o desafio atual(46,68).

Ainda que a sala onde os procedimentos são realizados tenha impacto nos mesmos, é certo que a formação da equipa cirúrgica é essencial. O recurso a simuladores para a preparação dos profissionais é uma ferramenta bastante útil, principalmente quando os mesmos são montados em verdadeiras salas de angiografia. Segundo Kreiser K. *et al.* (2018) os simuladores são cada vez mais usados na medicina, e no que à Angiografia diz respeito, são uma mais valia visto possibilitarem a manipulação do material de cateterização, a otimização de procedimentos endovasculares, o treino de recém especialistas como de alunos e a sua aplicação na investigação(54).

Independentemente da tipologia de sala e dos equipamentos utilizados nos procedimentos, as preocupações com a exposição à radiação são reais. Segundo Joh J. *et al.* (2019) deve verificar-se o princípio da justificação, garantindo que não há disponível outro método de imagem com menor exposição; posicionar o intensificador/detector o mais próximo possível do paciente; maximizar a distância em relação à ampola de radiação X; restringir a exposição ao indispensável; recorrer a fluoroscopia pulsada; guardar e disponibilizar as últimas imagens adquiridas; colimar à área de estudo; proceder à centragem e colimação sem a utilização de radiação X; usar ampliações apenas quando necessário; recorrer à fluoroscopia de alta dose o estritamente necessário; maximizar o potencial de ampola para potenciar resolução de contraste e reduzir dose e minimizar a sobreposição de imagem em aquisições sequenciais(47). Apesar das boas práticas serem asseguradas, será certo que o recurso a um angiógrafo em comparação a um arco móvel em C faz aumentar a exposição à radiação do paciente e equipa cirúrgica, pelas características já abordadas dos equipamentos(52).

Quando se comparam os procedimentos realizados com recurso a diferentes tipologias de equipamentos é necessário garantir que a classificação dos procedimentos é a mesma, e isso pode constituir uma limitação. Na série de casos apresentada optou-se por englobar os EVAR/TEVAR realizados em contexto eletivo com recurso a um arco móvel em C e comparar os registos de dose com outros estudos. No que respeita aos procedimentos complexos (BEVAR, FEVAR, ChEVAR), estes foram agrupados de acordo

com o equipamento utilizado e depois comparados entre si. Tal opção metodológica permitiu constatar diferenças estatisticamente significativas entre o DAP e o Air Kerma dos procedimentos realizados com arco móvel em C e angiógrafo (DAP 117,51 Gy.cm<sup>2</sup> vs. 265,33 Gy.cm<sup>2</sup>; Air Kerma 671,8 mGy vs. 2155,24 mGy, respetivamente), não se tendo verificado diferenças no que respeita ao tempo de fluoroscopia associado ao procedimento (67,38 min vs. 69,71 min, respetivamente) (52). Segundo Skripochnik E. *et al.* (2017) o tempo de fluoroscopia está fracamente correlacionado com os descritores de dose, sendo portanto, um fraco preditor da dose de radiação total associada aos procedimentos endovasculares(69).

Num estudo realizado por Kaladji A. *et al.* (2018), onde se realizaram 49 EVAR com recurso a neuronavegação 3D e a um arco móvel em C foram registados tempos médios de fluoroscopia de 21,6 ± 12,3 min; DAP de 70,9 ± 48,2 Gy.cm<sup>2</sup> e *Air Kerma* de 254,2 ± 161,5 mGy (68), sendo os valores médios de tempo semelhantes aos da presente série de doentes (22,21 ± 12,43 min) mas os valores de DAP (42,54 ± 36,15 Gy.cm<sup>2</sup>) e *Air Kerma* (208,63 ± 162,5) superiores, em parte justificável pela diferente classificação dos procedimentos, visto o primeiro autor separar os EVAR dos TEVAR e nesta série ambos os procedimentos serem avaliados em conjunto. No entanto, os procedimentos descritos por Kaladji A. *et al.* (2018) foram realizados com recurso à fusão 3D de imagem e na presente série isso não se verificou.

Uma revisão sistemática da literatura com meta-análise realizada por Ruitter Q. *et al.* (2016)(58) documentou toda a informação publicada sobre as abordagens endovasculares realizadas com diferentes tipologias de equipamentos (arco em C móvel, angiógrafo, com e sem navegação 3D). Os procedimentos foram, tal como na presente série de casos, classificados em não-complexos (EVAR, EVAR aorto-uni-iliaco e TEVAR) e complexos (FEVAR, BEVAR e ChEVAR). Na totalidade foram sistematizados dados de 35 estudos sobre procedimentos não complexos e 16 estudos sobre abordagens complexas.

No que respeita às abordagens endovasculares não complexas, na totalidade dos estudos englobados, verificou-se um valor médio de DAP de 120 Gy.cm<sup>2</sup>, 78 Gy.cm<sup>2</sup> com recurso a arco móvel em C e 181 Gy.cm<sup>2</sup> com recurso a angiógrafo. O tempo de fluoroscopia médio foi de 17 min, 18,5 min com recurso a equipamentos móveis e 15 min utilizando o angiógrafo. Em apenas um artigo foi referida a utilização de navegação 3D em dois dos casos estudados, pelo que se assume não haver uma grande variação nos valores de DAP e tempo de fluoroscopia em função do uso do mapeamento 3D, no casos apresentados(58). Quando se comparam os dados desta revisão sistemática com os obtidos na série de casos sintetizada neste trabalho é possível constatar que, com recurso

a um equipamento móvel, o tempo de fluoroscopia médio se situou nos 22,21 min e os valores médios de DAP foram de  $42,54 \pm 36,15 \text{ Gy.cm}^2$ , sendo este inferior ao referido na meta-análise ( $78 \text{ Gy.cm}^2$ ), situando-se o percentil 75 e, conseqüentemente, o nível de referência de dose, nos  $49,63 \text{ Gy.cm}^2$ . Tal pode ser justificado com a não modificação do equipamento utilizado, sendo o mesmo específico para a realização de procedimentos vasculares, ao passo que Ruitter Q. *et al.* (2016) refere a utilização de equipamentos mais antigos e, possivelmente, sem as ferramentas mais atuais para aquisição de imagens vasculares.

Quando a análise recai sobre os procedimentos endovasculares complexos, Ruitter Q. *et al.* (2016)(58) refere que sendo poucos os estudos que utilizaram equipamentos móveis para a sua realização, é inadequada uma análise individualizada. No que respeita à utilização de sistemas fixos, o tempo médio de fluoroscopia foi de 69,2 min, sendo de 79 min com navegação 3D. O DAP médio encontrado situou-se  $355 \text{ Gy.cm}^2$ ,  $487 \text{ Gy.cm}^2$  sem navegação 3D e  $139 \text{ Gy.cm}^2$  com recurso ao mapeamento tridimensional. Mais uma vez, comparando os dados apresentados com a série de doentes em estudo neste trabalho, verifica-se que o tempo de fluoroscopia é semelhante (67,38 min para sistemas móveis e 69,71 min para sistemas fixos) e o DAP médio é inferior ( $117,51 \text{ Gy.cm}^2$  com sistemas móveis e  $265,33 \text{ Gy.cm}^2$  em sistemas fixos). O nível de referência de dose situou-se nos  $143,25 \text{ Gy.cm}^2$  e  $345,2 \text{ Gy.cm}^2$ , para equipamentos móveis e fixos, respetivamente. Note-se que, ao contrário do apresentado na meta-análise, nesta série de doentes houve 24 procedimentos complexos realizados com sistemas móveis.

Constata-se, portanto, que o tempo de fluoroscopia associado aos procedimentos pouco varia, havendo um grande incremento de dose quando os equipamentos fixos são a opção. No entanto, parece existir um benefício no que respeita à exposição à radiação, quando há mapeamento 3D associado ao procedimento, ainda que os estudos apresentados na meta-análise sejam bastante heterogêneos e de difícil comparação(58). Como já havia sido referido, é expectável um incremento de radiação associado aos equipamentos fixos, uma vez que os mesmos possuem maiores detetores e, conseqüentemente, maiores áreas anatómicas visualizadas, levando a uma aumento da DAP. Também os seus geradores são capazes de produzir feixes de radiação X com maior potencial de ampola e intensidade de corrente, sendo capazes de dissipar mais eficientemente o calor gerado, o que acaba por permitir tempos de fluoroscopia mais prolongados, melhor relação de contraste e menor ruído de imagem.

Num outro estudo de Ruitter Q. *et al.* (2018)(70), cujo objetivo era caracterizar a exposição ocupacional associada aos procedimentos endovasculares, é possível constatar que o *Air Kerma* médio dos TEVAR foi de 0,3 Gy, dos EVAR 0,4 Gy e dos F/BEVAR de 2.9 Gy

e o DAP de cada procedimento situou-se nos 87 Gy.cm<sup>2</sup>, 93,1 Gy.cm<sup>2</sup> e 384,8 Gy.cm<sup>2</sup>, respetivamente. Tendo em conta que todos os procedimentos foram realizados com um angiógrafo, constata-se que as grandezas dosimétricas apresentadas são superiores às relatadas na presente série de casos. De notar que o *Air Kerma* médio dos procedimentos complexos desta série de casos realizados na sala de Angiografia se situou nos 2,16 Gy e o nível de referência de dose nos 2,6 Gy. Sailer A. *et al.* (2014)(71), nos procedimentos avaliados enquanto procurava determinar o perfil de exposição à radiação da equipa cirúrgica envolvida nas abordagens endovasculares, determinou valores médios de DAP de 116 Gy.cm<sup>2</sup>, 62 Gy.cm<sup>2</sup> e 217 Gy.cm<sup>2</sup>, nos EVAR, TEVAR e FEVAR, respetivamente. Neste caso, o valor médio de DAP dos procedimentos complexos é inferior ao estabelecido na série de casos relatada com este trabalho. O facto dos diferentes estudos serem heterogéneos na classificação dos procedimentos leva a que uma análise e comparação mais aprofundada seja difícil.

No que respeita à exposição à radiação da equipa cirúrgica, Ruitter Q. *et al.* (2018) concluiu que há maior exposição nos procedimentos complexos, sendo o primeiro cirurgião e o primeiro ajudante os elementos mais expostos, seguindo-se o técnico de Radiologia e a enfermeira instrumentista. O procedimento de maior exposição é o F/BEVAR, principalmente aquando da cateterização da artéria mesentérica superior e tronco celíaco, devido às projeções com o equipamento em perfil(70).

De notar que também Sailer A. *et al.* (2014) encontraram uma associação entre a maior dose de exposição do primeiro cirurgião e a utilização de projeções radiológicas com o intensificador angulado a mais de 60°(71). Albayti M. *et al.* (2015) estabeleceu uma associação entre uma maior exposição do primeiro cirurgião e a sua altura, o maior tempo de aquisições com recurso a subtração digital direta em oblíqua anterior esquerda e a maior angulação da projeção oblíqua anterior esquerda, constando que a cabeça é a área anatómica não protegida que maior radiação dispersa recebe(72). Já Ruitter Q. *et al.* (2017) conclui que nas aquisições fluoroscópicas há uma associação entre o protocolo usado (o autor testou protocolos com diferentes frames/segundo, sendo a dose superior quando mais f/s são utilizados), o índice de massa corporal do doente e a angulação do arco em C e uma maior exposição do doente. Nas aquisições com subtração digital direta há uma associação entre a angulação do equipamento, o tamanho do campo de irradiação, a distância entre o detetor e o paciente e o índice de massa corporal com a maior dose de radiação recebida pelo doente.

No que respeita ao volume de contraste utilizado, há grandes diferenças entre os valores determinados nesta série de casos e outros estudos. Em média, nos procedimentos endovasculares complexos realizados com equipamento fixo foram administrados 301

mL e gastos 464,9 mL. Em contexto eletivo, com recurso a equipamento móvel. O valor médio de contraste situou-se nos  $202 \pm 123,95$  mL, sendo abertos à cirurgia  $325,6 \pm 137,2$  mL. Tal contrasta com o apresentado por Sailer A. *et al.* (2014)(71), onde em média, num EVAR se utilizaram  $84 \pm 32$  mL e num FEVAR  $116 \pm 36$  mL. No entanto, comparando com os valores dos artigos englobados na revisão sistemática da literatura com meta-análise de Ruitter Q. *et al.* (2016)(58), verifica-se uma enorme heterogeneidade nos valores apresentados. Os grandes volumes de contraste utilizados na presente série de casos pode estar relacionada com o facto de os procedimentos complexos serem bastante recentes, tendo a equipa cirurgia recebido formação no exterior da instituição para a sua realização, havendo, portanto, muitas limitações na sua realização, o que poderá resultar em maior número de aquisições e gasto de contraste.

Da análise dos vários dados apresentados fica patente uma conclusão: a complexidade de um procedimento endovascular está associada a maior exposição à radiação para o paciente. A meta-análise realizada por Ruitter Q. *et al.* (2016) demonstrou que apenas 18% das intervenções eletivas resultaram num procedimento endovascular complexo, havendo margem para reservar os angiógrafos para estes procedimentos e planear a intervenção num EVAR e TEVAR com recurso a uma arco móvel em C. A execução de procedimentos em salas de Angiografia ou híbridas dedicadas aos procedimentos vasculares com sistemas fixos requer maior foco e preocupação com a exposição radiológica do paciente e profissionais. De referir que uma maior exposição à radiação associada aos equipamentos fixos pode até ser aceitável caso os resultados da intervenção sejam superiores à intervenção com um arco móvel em C. O futuro parece apontar para uma maior utilização de ferramentas de processamento e mapeamento 3D, podendo as mesmas resultar em menor dose de radiação(58).

De forma sumária Resch T. *et al.* (2016) e Miller C. *et al.* (2017) apontam como estratégias de redução de dose nos procedimentos endovasculares da aorta: 1) a determinação do perfil de dose de cada procedimento; 2) a utilização de sistemas de monitorização em tempo real e 3) a formação constante em proteção e segurança radiológica. Como medidas de proteção básicas apontam o uso de equipamento de proteção individual (avental, protetor de tiróide e óculos plumbíneos), o afastamento de 2 metros da fonte de radiação nas aquisições com subtração digital direta, a constante atualização de softwares de redução de dose disponibilizados pelas marcas de equipamentos e o recurso a barreiras de proteção de chumbo montadas no teto/mesa(53). No caso particular das cirurgias endovasculares são estratégias de redução de dose: 1) adequado planeamento de toda a cirurgia, fazendo uso da Angio-TC pré-operatória para determinar diâmetros e extensões de endopróteses e *stents*, bem como otimizar o

mapeamento 3D em tempo real; 2) otimizar os parâmetros técnicos de aquisição de imagem, minimizando os f/s e recorrendo aos protocolos de baixa dose, aceitando o incremento de ruído que lhes estão associados; 3) minimizar as aquisições com subtração digital direta, recorrendo à subtração de imagem enquanto ferramenta de pós-processamento; 4) nunca abdicar do equipamento de proteção individual, sempre que possível com mais de 0,5 mm de chumbo ou equivalente; 5) minimizar a utilização de grandes angulações do equipamento para redução da radiação dispersa; e 6) promover o recurso a ferramentas de fusão de imagem e mapeamento tridimensional(73).

No que ao procedimento angiográfico diz respeito, Steele J. *et al.* (2012) sugere a criação de programas de segurança radiológica que permitam a redução de dose das intervenções, a monitorização das mesmas e a criação de programas de acompanhamento dos pacientes sujeitos a doses superiores a 3 Gy num único procedimento. Sempre que elevadas doses sejam atingidas (2 Gy), o procedimento deverá ser alvo de revisão, para perceber o que pode ter condicionado a elevada exposição e otimizar a técnica radiológica(74).

Devido à necessidade imperativa de adequado *follow-up* dos doentes intervencionados de forma endovascular a aneurismas da aorta, fica patente que a exposição à radiação destes doentes não se limita apenas à intervenção mas também a todo o seguimento, devendo este ser planeado de forma adequada. Thakor A. *et al.* (2015) estabeleceu um programa de avaliação dos doentes submetidos a EVAR. Após 3 meses de procedimento deve realizar-se uma Angio-TC. Se da avaliação da mesma resultar a inexistência de alterações com a endoprótese deve manter-se a vigilância clínica e a realização de ecografia e radiografia abdominal ântero-posterior e lateral, anualmente. Se em qualquer momento, quer a Angio-TC ou a ecografia/radiologia convencional demonstrarem alguma anormalidade, o paciente deve ser alvo de uma avaliação multidisciplinar e realizar TC (sem contraste, arterial e venosa), ecografia com contraste ou angiografia com ou sem intervenção, de acordo com o decido pela equipa multidisciplinar em função do resultado dos exames e avaliação clínica prévia(75).

## **2.5. Conclusão**

O presente trabalho permitiu categorizar a tipologia de intervenção realizada pela Cirurgia Vasculuar na abordagem das patologias aórticas e a traçar o perfil radiológico dos principais procedimentos endovasculares realizados com recurso a equipamentos móveis e fixos, bem como em contexto eletivo e de urgência, contribuindo para a criação de níveis de referência de diagnóstico que orientem a prática futura.

Sendo consensual que as abordagens endovasculares são menos invasivas que as convencionais, condicionam tempos de recuperação menores, curtas estadias em cuidados intensivos e menor mortalidade a curto prazo(66) carecem ainda de avaliações a longo prazo, devendo ser ponderadas de acordo com critérios e guidelines específicas. Verhoeven B. *et al.* (2011) reportando os resultados a sete anos (2000 a 2007) da utilização da endoprótese Talent® (Medtronic®), depois da sua aplicação a 365 doentes, constata uma mortalidade durante o *follow-up* de 122 doentes (33,4%) e uma necessidade de reintervenção em 73 pacientes (23,8%), o que demonstra a necessidade de um controlo eficaz dos doentes após um sucesso técnico primário, neste caso de 91% dos casos(76).

Com o objetivo de demonstrar os resultados a longo termo do tratamento endovascular dos aneurismas aórticos tóraco-abdominais recorrendo a próteses ramificadas e fenestradas, Verhoeven B. *et al.* (2014) apresentou uma série de 166 pacientes intervencionados consecutivamente entre janeiro de 2004 e dezembro de 2013. Do total de pacientes, 15 tinham aneurismas em rutura (contida e/ou sintomática) e 108 não tinham condição para cirurgia convencional, tendo já ocorrido intervenções prévias (endovasculares e convencionais) em 78 pacientes. A mortalidade a trinta dias situou-se nos 7,8% (13/166) e a mortalidade no hospital ficou-se nos 9% (15/166). Também em 15 dos pacientes se verificou isquémia da espinal medula, sendo esta irreversível em 2 dos pacientes. O tempo médio de seguimento foi de  $29,2 \pm 21$  meses. Em todo o *follow-up* registou-se a morte de 40 pacientes, sendo as taxas de sobrevivência estimadas a 1, 2 e 5 anos de 83%, 78% e 66,6%, respetivamente(39). Tratando-se de maior série europeia a relatar os resultados a longo prazo da abordagem endovascular dos aneurismas tóraco-abdominais com recurso a endopróteses fenestradas e ramificadas, conclui-se portanto que a adequada seleção de pacientes, o correto planeamento cirúrgico e a experiência da equipa cirúrgica condicionam um bom resultado técnico, ainda que a taxa de reintervenções seja elevada, devido a um grande número de complicações, podendo as mesmas ser resolvidas, na maioria, também por via endovascular.

Um estudo mais recente parece demonstrar a adequabilidade do B/FEVAR ao tratamento dos aneurismas aórticos. Verhoeven E. *et al.* (2016) avaliou uma série de doentes com anatomia difícil (aneurismas com colo curto, justarrenais e suprarrenais) e no total de 281 doentes intervencionados conseguiu sucesso técnico em 96,8% (272/281), mortalidade a três dias de 0,7% (2/281) e uma sobrevida estimada a três anos de  $84,6\% \pm 3\%$ , pelo que conclui que a utilização de próteses fenestradas como estratégia de primeira linha no tratamento de aneurismas está associada a um elevado sucesso técnico e baixa taxa de mortalidade operatória, mesmo em pacientes com anatomia difícil(36). Segundo

Katsargyris A. *et al.* (2018) a opção por fenestrações ou ramificações deve basear-se nas características morfológicas dos diversos vasos a intervencionar. Para as artérias renais, a opção por fenestrações parece ser a melhor solução, enquanto para o tronco celíaco a opção recai com frequência nas ramificações(77). O mesmo autor apresenta um outro estudo onde 32 pacientes foram tratados com endopróteses com ramos internos apontando uma solução futura no tratamentos dos aneurismas tóracoabdominais(78). Com apenas ramos internos ou associados a fenestrações, o recurso a esta tipologia de endoprótese parece apontar para uma terceira solução disponível, além do F/BEVAR convencional, ainda que a durabilidade destes dispositivos careça de mais investigação. No futuro, a tomada de decisão terá de ser, cada vez mais, baseada na melhor evidência científica disponível. A inteligência artificial, no setor da saúde, ajudará na gestão dos dados de saúde e permitirá o acesso eficiente a grandes volumes de dados. A cirurgia vascular terá nos métodos de imagem um aliado ainda mais importante, possibilitando a inteligência artificial melhor segmentação do aneurisma aórtico e uma caracterização mais precisa da geometria do aneurisma com criação de modelos para a customização de possíveis endopróteses. A inteligência artificial terá também um importante papel na avaliação do risco de crescimento dos aneurisma e na previsão de resultados após a reparação cirúrgica dos mesmos, bem como na estratificação de risco dos pacientes. Ao nível da formação, a criação de centros de simulação será uma mais-valia e o envolvimento dos cirurgiões vasculares nestas mudanças tecnológicas irá orientar os investigadores e a própria indústria no desenvolvimento de sistemas relevantes que possam ser usados de forma segura na prática clínica personalizada. A inteligência artificial terá o potencial de melhorar o atendimento ao paciente, possibilitar a prática da medicina baseada na evidência e potenciar a preparação médico-cirúrgica(79).

Este trabalho apresenta como limitações o facto de ser um estudo realizado num único Centro, caracterizando apenas a prática da Instituição em análise; o limitado acesso aos registos dos meios de contraste utilizados; a ausência de acesso ao processo clínico dos doentes, não sendo possível a recolha das dimensões das endopróteses utilizadas; a ausência de registos relativos a alguns procedimentos, que originou a sua eliminação ou deficiente categorização; a realização da recolha e análise dos dados por apenas um profissional e o número reduzido de pacientes em alguns dos procedimentos, o que condicionou a sua análise e comparação.



### 3. Considerações Finais

O presente trabalho permitiu categorizar a tipologia de intervenção realizada pela Cirurgia Vascular na abordagem das patologias aórticas e a traçar o perfil radiológico dos principais procedimentos endovasculares realizados com recurso a equipamentos móveis e fixos, bem como em contexto eletivo e de urgência, contribuindo para a criação de níveis de referência de diagnóstico que orientem a prática.

Sendo consensual que no futuro o número de procedimentos endovasculares crescerá e estes tenderão a ser a primeira escolha na abordagem terapêutica de patologias vasculares aórticas, há problemas que se anteveem. Em primeiro lugar, é ainda prematuro perceber o efeito a longo prazo de muitas das endopróteses que são utilizadas, sendo esta limitação ainda mais premente para as diversas inovações e dispositivos em teste. Para além disso, o decréscimo de procedimentos convencionais pode criar lacunas na formação de novos profissionais de saúde, principalmente cirurgiões vasculares, pelo que, urge uma reorganização da prestação de cuidados de saúde vasculares, criando centros de referência quer para as abordagens endovasculares quer convencionais, que garanta uma prestação de cuidados mais segura ao paciente e de acordo com as melhores práticas, não esquecendo que a qualidade é indissociável da casuística.

O crescimento das abordagens endovasculares coloca-nos, também, a problemática da exposição à radiação para efeitos médicos. Não sendo de todo possível a realização destes procedimentos sem recurso a radiação X, é necessário otimizar a exposição do paciente e profissionais de saúde. Os equipamentos são cada vez mais seguros, dotados de ferramentas e mecanismos de processamento e fusão de imagem que minimizam a exposição, sendo imperativo que sejam operados por Técnicos de Radiologia qualificados, com formação especializada em abordagens endovasculares. A complexidade destas abordagens requer, muitas vezes, salas distintas das convencionais salas de angiografia, com ambiente de bloco operatório, pelo que as salas híbridas, dotadas de equipamentos angiográficos fixos ou móveis serão uma real necessidade.

Para que os procedimentos possam ser seguros, no que respeita à exposição à radiação, é necessário que as práticas atuais sejam alvo de auditorias e se estabeleçam níveis de referência de dose, a partir dos quais as instituições se possam comparar e desencadear processos de otimização, visando uma constante melhoria da técnica radiológica.

De forma geral, o acesso a informação verificável sobre as patologias aórticas, a sua abordagem e os seus resultados é promover um melhor conhecimento epidemiológico das mesmas e fundamentar decisões na área da intervenção vascular.

#### 4. Referências Bibliográficas

1. Esperança Pina J. Anatomia Humana do Coração e Vasos. Lidel - Edições Técnicas, Lda; 2007.
2. Hutchison SJ. Aortic Diseases: Clinical Diagnostic Imaging Atlas. 1st. ed. Saunders Elsevier; 2009.
3. Wanderley AL. Sobre a Dinâmica do Sistema Cardiovascular. Univ Fed Pernambuco. 2005;
4. Goldstein SA, Evangelista A, Abbara S, Arai A, Asch FM, Badano LP, et al. Multimodality imaging of diseases of the thoracic aorta in adults: From the American society of echocardiography and the european association of cardiovascular imaging: Endorsed by the society of cardiovascular computed tomography and society for cardiova. J Am Soc Echocardiogr [Internet]. 2015 Feb;28(2):119–82. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0894731714008591>
5. Erbel R, Aboyans V, Boileau C, Bossone E, Di Bartolomeo R, Eggebrecht H, et al. Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases. Eur Heart J. 2014;35:2873–926.
6. Booher AM, Tsai TT. Thoracic Aortic Diseases. Inpatient Cardiovascular Medicine. 2013. 138–153 p.
7. Czerny M, Schmidli J, Adler S, van den Berg JC, Bertoglio L, Carrel T, et al. Recommendations for the Treatment of Thoracic Aortic Pathologies Involving the Aortic Arch: An Expert Consensus Document of the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) & the European Society for Vascular Surgery (ESVS). Eur J Vasc Endovasc Surg [Internet]. 2019;57(2):165–98. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2018.09.016>
8. Rimbau V, Böckler D, Brunkwall J, Cao P, Chiesa R, Coppi G, et al. Management of Descending Thoracic Aorta Diseases: Clinical Practice Guidelines of the European Society for Vascular Surgery (ESVS). Eur J Vasc Endovasc Surg [Internet]. 2017;53(1):4–52. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2016.06.005>
9. Mansour MA, Labropoulos N. Vascular Diagnosis. Elsevier Saunders, editor. 2005.
10. Natário A, Matos A, Mansilha A, Moreira CS, Oliveira F, Tavares F, et al. Rede de Referência Hospitalar - Angiologia e Cirurgia Vascular. República Portuguesa - Saúde. 2017.
11. Mussa FF, Horton JD, Moridzadeh R, Nicholson J, Trimarchi S, Eagle KA. Acute aortic dissection and intramural hematoma a systematic review. J Am Med Assoc. 2016;316(7):754–63.

12. Evangelista A, Isselbacher EM, Bossone E, Gleason TG, Eusanio M Di, Sechtem U, et al. Insights From the International Registry of Acute Aortic Dissection: A 20-Year Experience of Collaborative Clinical Research. *Circulation* [Internet]. 2018 Apr 24 [cited 2019 Sep 12];137(17):1846–60. Available from: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/CIRCULATIONAHA.117.031264>
13. Ponte M, Dias Ferreira N, Bettencourt N, Caeiro D, Fonseca M, Albuquerque A, et al. Hematoma intramural da aorta: evolução (im)previsível? *Rev Port Cardiol* [Internet]. 2014 Jul 1 [cited 2019 Aug 21];33(7–8):467.e1-467.e7. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0870255114001462>
14. Gouveia e Melo R, Amorim P, Soares R. Clinical aspects and present challenges of the seat belt aorta. *J Vasc Surg* [Internet]. 2020;1–10. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2019.11.038>
15. Wojciechowski J, Znaniński L, Bury K, Chwojncki K, Rogowski J. Traumatic aortic injury: does the anatomy of the aortic arch influence aortic trauma severity? *Surg Today*. 2017;47(3):328–34.
16. Fillinger MF, Greenberg RK, McKinsey JF, Chaikof EL. Reporting standards for thoracic endovascular aortic repair (TEVAR). *J Vasc Surg* [Internet]. 2010;52(4):1022-1033.e5. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvs.2010.07.008>
17. Sousa P, Fernandes e Fernandes J. *A Cirurgia Vasculiar em Portugal: conhecer para melhorar*. Escola Nacional de Saúde Pública da Universidade NOVA de Lisboa em parceria com a Faculdade de Medicina de Lisboa, editor. 2016.
18. Walker TG, Kalva SP, Yedula K, Wicky S, Kundu S, Drescher P, et al. Clinical Practice Guidelines for Endovascular Abdominal Aortic Aneurysm Repair: Written by the Standards of Practice Committee for the Society of Interventional Radiology and Endorsed by the Cardiovascular and Interventional Radiological Society of Europe. *J Vasc Interv Radiol* [Internet]. 2010;21(11):1632–55. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvir.2010.07.008>
19. Vaquero (Ed.) C. *Manual de Guías de procedimientos Endovasculares*. Capítulo de Cirugía Endovascular - Sociedad Espanola de Angiología y Cirugía Vasculiar, editor. Valladolid; 2009. 191 p.
20. Furtado RG, Nunes C, Rassi L, Melato L, Sara L, Borges M, et al. Placa de Aterosclerose em Aorta: Revisão Sobre Aterogênese, Formação de Placa, Significado Clínico, Métodos de Imagens e Tratamento. *Rev bras ecocardiogr imagem Cardiovasc* [Internet]. 2009 [cited 2019 Aug 7];22(2):27–39. Available from: <http://departamentos.cardiol.br/dic/publicacoes/revistadic/revista/2009/Revista02/05-placa.pdf>

21. Braga NTTM, Carneiro AB, Zuntini KL da CR, Araújo FB de, Daher EDF. Takayasu arteritis: differential diagnosis in a teenager with severe acute kidney injury - a case report. *Brazilian J Nephrol.* 2019;1–6.
22. Nakanishi Y, Yuzaki M, Honda K, Kaneko M, Funahashi R, Nishimura Y. Staged hybrid aortic procedure for chronic type B aortic dissection in two patients with Marfan syndrome. *Gen Thorac Cardiovasc Surg* [Internet]. 2020;1–3. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11748-020-01296-4>
23. Hiratzka L., Bakris GL, Beckman JA, Bersin RM, Carr VF, Casey DE, et al. Guidelines for the Diagnosis and Management of Patients With Thoracic Aortic Disease. *Am Coll Cardiol Found Am Hear Assoc.* 2010;121(13):266–369.
24. Van Hemelrijk C, Renard M, Loeys B. The Loeys–Dietz syndrome: an update for the clinician. *Curr Opin Cardiol* [Internet]. 2010 Nov [cited 2019 Aug 15];25(6):546–51. Available from: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00001573-201011000-00004>
25. Hughes GC. Aggressive aortic replacement for Loeys-Dietz syndrome. *Texas Hear Inst J* [Internet]. 2011 [cited 2019 Aug 15];38(6):663–6. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22199429>
26. Ong K-T, Perdu J, De Backer J, Bozec E, Collignon P, Emmerich J, et al. Effect of celiprolol on prevention of cardiovascular events in vascular Ehlers-Danlos syndrome: a prospective randomised, open, blinded-endpoints trial. *Lancet* [Internet]. 2010 Oct [cited 2019 Aug 15];376(9751):1476–84. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673610609609>
27. Sidawy AN, Perler BA. *Rutherford's Vascular Surgery and Endovascular Therapy.* 9a Edition. ELSEVIER, editor. 2019.
28. Kansagra K, Kang J, Taon MC, Ganguli S, Gandhi R, Vatakencherry G, et al. Advanced endografting techniques: Snorkels, chimneys, periscopes, fenestrations, and branched endografts. *Cardiovasc Diagn Ther.* 2018;8(Suppl 1):S175–83.
29. Nation DA, Wang GJ. TEVAR: Endovascular Repair of the Thoracic Aorta. *Semin Intervent Radiol.* 2015;32(3):265–71.
30. DeLaRosa J, Vasquez JC. Thoracic endovascular aortic repair. *Oper Tech Thorac Cardiovasc Surg* [Internet]. 2013;18(1):73–83. Available from: <http://dx.doi.org/10.1053/j.optechstcvs.2012.07.005>
31. Makaloski V, Tsilimparis N, Rohlfes F, Heidemann F, Debus ES, Kölbel T. Endovascular total arch replacement techniques and early results. *Ann Cardiothorac Surg.* 2018;7(3):381–91.
32. Long K, Milner R. The Current State of Branched Stent Grafts for the Aortic Arch. *Endovasc Today.* 2016;15(11):66–70.

33. Baert AL, Knauth M, Sartor K. Vascular Interventional Radiology - Current Evidence in Endovascular Surgery. 1st ed. Cowling MG, editor. Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2007.
34. Ullery BW. Snorkel/Chimney Versus Fenestrated Endovascular Aneurysm Repair: What Works and When? *Endovasc Today* [Internet]. 2016;15(3):76–81. Available from: [http://evtoday.com/pdfs/et0316\\_F5\\_Ullery.pdf](http://evtoday.com/pdfs/et0316_F5_Ullery.pdf)
35. Patel RP, Katsargyris A, Verhoeven ELG, Adam DJ, Hardman JA. Endovascular aortic aneurysm repair with chimney and snorkel grafts: Indications, techniques and results. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2013;36(6):1443–51.
36. Verhoeven ELG, Katsargyris A, Oikonomou K, Kouvelos G, Renner H, Ritter W. Fenestrated Endovascular Aortic Aneurysm Repair as a First Line Treatment Option to Treat Short Necked, Juxtarenal, and Suprarenal Aneurysms. *Eur J Vasc Endovasc Surg* [Internet]. 2016;51(6):775–81. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejvs.2015.12.014>
37. Timaran CH, Stanley GA, Baig MS, Timaran DE, Modrall JG, Knowles M. The sequential catheterization amid progressive endograft deployment technique for fenestrated endovascular aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg* [Internet]. 2017;66(1):311–5. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvs.2016.12.139>
38. Czerny M, Funovics M. Endovascular aortic repair. *Oper Tech Thorac Cardiovasc Surg* [Internet]. 2013;18(1):65–72. Available from: <http://dx.doi.org/10.1053/j.optechstcv.2013.01.003>
39. Verhoeven ELG, Katsargyris A, Bekkema F, Oikonomou K, Zeebregts CJAM, Ritter W, et al. Ten-year experience with endovascular repair of thoracoabdominal aortic aneurysms: Results from 166 consecutive patients. *Eur J Vasc Endovasc Surg* [Internet]. 2015;49(5):524–31. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejvs.2014.11.018>
40. Grimme FAB, Goverde PCJM, Verbruggen PJEM, Zeebregts CJ, Reijnen MMPJ. First results of the covered endovascular reconstruction of the aortic bifurcation (CERAB) technique for aortoiliac occlusive disease. *Eur J Vasc Endovasc Surg* [Internet]. 2015;50(5):638–47. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejvs.2015.06.112>
41. Simonte G, Parlani G, Farchioni L, Isernia G, Cieri E, Lenti M, et al. Lesson Learned with the Use of Iliac Branch Devices: Single Centre 10 Year Experience in 157 Consecutive Procedures. *Eur J Vasc Endovasc Surg* [Internet]. 2017;54(1):95–103. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejvs.2017.03.026>
42. Ferreira RS, Gonçalves FB, Castro JA, Berdeja E, Valentim H, Quintas A, et al. Isquemia pélvica aguda: uma complicação fatal após tratamento endovascular de

- aneurisma aorto-ilíaco com prótese ramificada da ilíaca. *Angiol e Cir Vasc*. 2016;12(3):194–8.
43. Lopes A, Gouveia Melo R, Gomes ML, Garrido P, Junqueira N, Sobrinho G, et al. Aortic Dissection Repair Using the STABILISE Technique Associated with Arch Procedures: Report of Two Cases. *EJVES Short Reports* [Internet]. 2019;42:26–30. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ejvssr.2019.01.003>
  44. Marques De Marino P, Oikonomou K, Verhoeven EL, Katsargyris A. Techniques and outcomes of secondary endovascular repair for postdissection TAA/TAAA. *J Cardiovasc Surg (Torino)*. 2018;59(6):767–74.
  45. Melissano G, Bertoglio L, Rinaldi E, Mascia D, Kahlberg A, Loschi D, et al. Satisfactory short-term outcomes of the STABILISE technique for type B aortic dissection. *J Vasc Surg* [Internet]. 2018;68(4):966–75. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2018.01.029>
  46. Sikkink CJ, Reijnen MM, Zeebregts CJ. The Creation of the Optimal Dedicated Endovascular Suite. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2008;35(2):198–204.
  47. Joh JH. Endovascular Intervention with a Mobile C-Arm in the Operating Room. *Vasc Spec Int*. 2019;35(2):70–6.
  48. Lança L, Silva A. *Digital Imaging Systems for Plain Radiography*. Londres: Springer; 2013.
  49. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Dosimetry in Diagnostic Radiology: An International Code of Practice*, Technical Reports Series No. 457. Vienna; 2007.
  50. Lança L. *A imagem radiológica em sistemas de radiografia digital* [Internet]. Universidade de Aveiro; 2011. Available from: <http://hdl.handle.net/10773/3950>
  51. Mahesh M. The AAPM/RSNA Physics Tutorial for Residents - Fluoroscopy: Patient Radiation Exposure Issues. *RadioGraphics* [Internet]. 2001;21:1033–45. Available from: <http://pubs.rsna.org/doi/pdf/10.1148/radiographics.21.4.g01j1271033>
  52. Fidalgo Domingos L, San Norberto García EM, Gutiérrez Castillo D, Flota Ruiz C, Estévez Fernández I, Vaquero Puerta C. Radioprotection Measures during the Learning Curve with Hybrid Operating Rooms. *Ann Vasc Surg* [Internet]. 2018;50:253–8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2017.12.010>
  53. Miller C, Kendrick D, Shevitz A, Kim A, Baele H, Jordan D, et al. Evaluating strategies for reducing scattered radiation in fixed-imaging hybrid operating suites. *J Vasc Surg* [Internet]. 2018;67(4):1227–33. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2017.08.083>

54. Kreiser K, Gehling K, Zimmer C. Simulation in Angiography – Experiences from 5 Years Teaching, Training, and Research. *RöFo - Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen und der Nukl.* 2019;191(6):547–52.
55. de Almeida Mendes C, de Arruda Martins A, Teivelis MP, Kuzniec S, Varella AYM, Wolosker N. Carbon Dioxide as Contrast Medium to Guide Endovascular Aortic Aneurysm Repair. *Ann Vasc Surg* [Internet]. 2017;39:67–73. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.avsg.2016.06.028>
56. Beckett KR, Moriarity AK, Langer JM. Safe use of contrast media: What the radiologist needs to know. *Radiographics.* 2015;35(6):1738–50.
57. Moreira W. Leitura Crítica de Artigos Científicos [Internet]. Sociedade Brasileira de Oncologia Clínica. 2016 [cited 2019 Jul 1]. Available from: <https://www.sbec.org.br/app/webroot/leitura-critica/>
58. de Ruiter QM, Reitsma JB, Moll FL, van Herwaarden JA. Meta-analysis of Cumulative Radiation Duration and Dose during EVAR Using Mobile, Fixed, or Fixed/3D Fusion C-Arms. *J Endovasc Ther.* 2016;23(6):944–56.
59. Philips. Instruções de uso - Philips Veradius Unity. 2015. (Philips Healthcare Nederland B.V.).
60. Philips. Azurion - Instructions for USE. 2017. (Philips Healthcare Nederland).
61. Medical Advisory Secretariat. Endovascular repair of abdominal aortic aneurysm: an evidence-based analysis. [Internet]. Vol. 2, Ontario Health Technology Assessment Series. 2002. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23074438>  
<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC3387737>
62. NICE - National Institute for Health and Care Excellence. Abdominal aortic aneurysm: diagnosis and management. 2018.
63. Bacharach JM, Wood EA, Slovut DP. Management of Aortic Aneurysms: Is Surgery of Historic Interest Only? *Curr Cardiol Rep.* 2015;17(11).
64. Schwarze ML, Shen Y, Hemmerich J, Dale W. Age-related trends in utilization and outcome of open and endovascular repair for abdominal aortic aneurysm in the United States, 2001-2006. *J Vasc Surg* [Internet]. 2009 Oct [cited 2020 Feb 16];50(4):722-729.e2. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19560313>
65. Lee JH, Choi JH, Kim EJ. The influence of unfavorable aortoiliac anatomy on short-term outcomes after endovascular aortic repair. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg.* 2018;51(3):180–6.

66. Sousa P, Perelman J, Dimitrovová K, Simões AS, Brandão D, Albuquerque e Castro J, et al. Cost-effectiveness of the endovascular repair of Abdominal Aortic Aneurysm in Portugal. *Angiol e Cir Vasc*. 2014;10(2):41–8.
67. Steinbauer M, Katsargyris A, Greindl M, Töpel I, Verhoeven E. Hybridoperationsaal in der Gefäßchirurgie: Möglichkeiten und Perspektiven. *Chirurg*. 2013;84(12):1030–5.
68. Kaladji A, Villena A, Pascot R, Lalys F, Daoudal A, Clochard E, et al. Fusion Imaging for EVAR with Mobile C-arm. *Ann Vasc Surg* [Internet]. 2019;55:166–74. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2018.06.006>
69. Skripochnik E, Loh SA. Fluoroscopy time is not accurate as a surrogate for radiation exposure. *Vascular*. 2017;25(5):466–71.
70. de Ruyter QM, Jansen MM, Moll FL, Hazenberg CE, Kahya NN, van Herwaarden JA. Procedure and step-based analysis of the occupational radiation dose during endovascular aneurysm repair in the hybrid operating room. *J Vasc Surg* [Internet]. 2018;67(6):1881–90. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2017.09.043>
71. Sailer AM, Schurink GWH, Bol ME, de Haan MW, van Zwam WH, Wildberger JE, et al. Occupational Radiation Exposure During Endovascular Aortic Repair. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2015;38(4):827–32.
72. Albayati MA, Kelly S, Gallagher D, Dourado R, Patel AS, Saha P, et al. Angulation of the C-arm during complex endovascular aortic procedures increases radiation exposure to the head. *Eur J Vasc Endovasc Surg* [Internet]. 2015;49(4):396–402. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejvs.2014.12.032>
73. Resch T, Tornqvist P, Sonesson B, Dias N. Techniques to reduce radiation for patients and operators during aortic endografting. *J Cardiovasc Surg (Torino)*. 2016;57(2):178–84.
74. Steele JR, Jones AK, Ninan EP. Quality Initiatives: Establishing an Interventional Radiology Patient Radiation Safety Program. *Radiographics*. 2012;32(1):277–87.
75. Thakor AS, Tanner J, Ong SJ, Hughes-Roberts Y, Ilyas S, Cousins C, et al. Radiological Evaluation of Abdominal Endovascular Aortic Aneurysm Repair. *Can Assoc Radiol J* [Internet]. 2015;66(3):277–90. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.carj.2014.12.003>
76. Verhoeven BA, Waasdorp EJ, Gorrepati ML, van Herwaarden JA, Vos JA, Wille J, et al. Long-term results of Talent endografts for endovascular abdominal aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg* [Internet]. 2011;53(2):293–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvs.2010.08.078>

77. Katsargyris A, Marques de Marino P, Verhoeven EL. Graft design and selection of fenestrations vs. Branches for renal and mesenteric incorporation in endovascular treatment of pararenal and thoracoabdominal aortic aneurysms. *J Cardiovasc Surg (Torino)*. 2019;60(1):35–40.
78. Katsargyris A, Marques de Marino P, Mufty H, Pedro LM, Fernandes R, Verhoeven EL. Early Experience with the Use of Inner Branches in Endovascular Repair of Complex Abdominal and Thoraco-abdominal Aortic Aneurysms. *Eur J Vasc Endovasc Surg* [Internet]. 2018;55(5):640–6. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2018.01.024>
79. Ricco JB, Guetarni F, Kolh P. Learning from Artificial Intelligence and Big Data in Health Care. *Eur J Vasc Endovasc Surg* [Internet]. 2020;1–2. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2020.01.019>