

## 2

# Vasos Sanguíneos e sua Representação em Imagens Médicas de Tomografia Computadorizada

O conjunto de órgãos encarregado de realizar as funções de regulação da temperatura corporal, distribuição do oxigênio, transporte de substâncias como gases, nutrientes, hormônios e excretas nitrogenadas para todo o organismo, é conhecido como Sistema Circulatório ou Cardiovascular, o qual está constituído pelo coração, os vasos sanguíneos e os vasos linfáticos (Gutiérrez, 2010).

### 2.1.

#### Vasos Sanguíneos

Os vasos sanguíneos (artérias, capilares e veias) são dutos musculares elásticos que constituem uma rede de tubos que transportam o sangue do coração aos tecidos do corpo e de volta ao coração. Esta rede é formada pelas artérias, as veias e os capilares; cada uma com funções muito específicas.

As artérias são os vasos sanguíneos que conduzem o sangue rico em oxigênio e nutrientes para fora do coração a partir do seu ventrículo esquerdo em direção aos demais órgãos do corpo (exceto a artéria pulmonar, a qual transporta o sangue desoxigenado aos pulmões).

A medida em que as artérias vão se afastando do coração se tornam progressivamente menores até se converter em pequenos vasos conhecidos como arteríolas, que por sua vez se transformam em canais microscópicos denominados capilares.

Os capilares permitem ao sangue trocar substâncias como oxigênio, dióxido de carbono e nutrientes com os tecidos. Em seguida, as vénulas coletam o sangue dos capilares, que passa logo às veias que retornam o sangue ao coração através do seu átrio direito.

A Figura 1 apresenta um esquema do Sistema Cardiovascular.

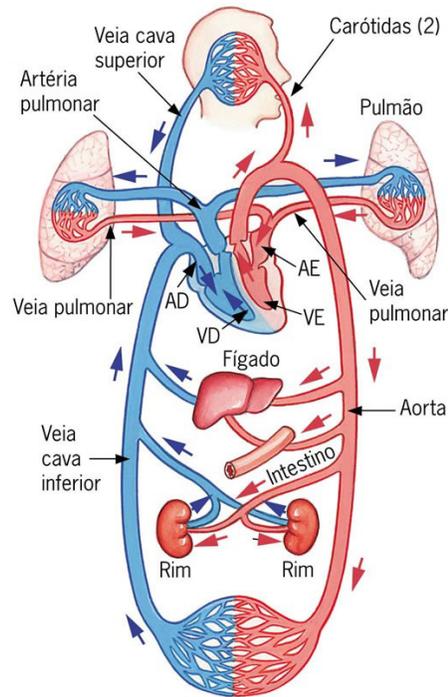


Figura 1. Sistema Cardiovascular<sup>2</sup>.

De forma geral os vasos sanguíneos tem uma estrutura tubular parecida (Curtis & Barnes, 2006). As artérias têm paredes espessas, duras e elásticas a fim de suportar a elevada pressão do sangue quando sai do coração e é formada por três camadas (Figura 2): a túnica externa, composta basicamente por tecido conjuntivo; a túnica média, composta por fibras musculares e tecido conjuntivo elástico; e a túnica íntima, que forra internamente as artérias e que permite o livre fluxo do sangue.

As veias estão formadas também por três camadas, a túnica externa, média e íntima, mas têm as paredes muito mais finas e mais dilatáveis, diminuindo assim a resistência ao fluxo do sangue que retorna ao coração. Além disso, contam com válvulas semilunares para impedir o fluxo do sangue em sentido contrário.

Os capilares, que são os vasos menores, têm uma parede com uma camada de espessura de uma única célula, com permeabilidade seletiva que permite realizar o intercâmbio do oxigênio, nutrientes e os resíduos do metabolismo, entre o sangue e os tecidos.

<sup>2</sup> Disponível em: <http://patofisio.wordpress.com/2010/04/22/sistema-circulatorio/> (AD: Átrio Direito, VD: Ventrículo Direito, AE: Átrio Esquerdo, VE: Ventrículo Esquerdo).

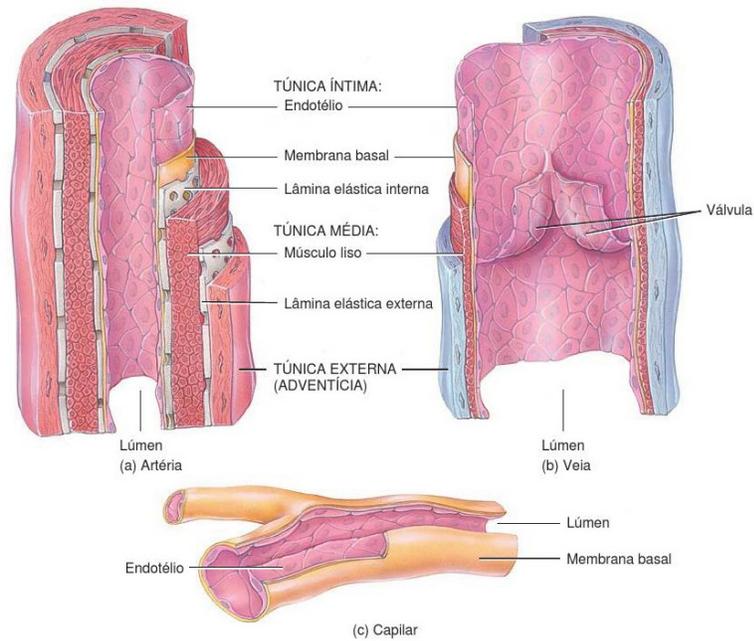


Figura 2. Estrutura comparativa dos vasos sanguíneos (Tortora, 2007).

Algumas das doenças que afetam vasos sanguíneos são: feridas, aneurismas, bloqueios causados por coágulos de sangue ou placas, vasos que irrigam tumores, anormalidades congênitas; e todas elas podem ser avaliadas e tratadas se forem diagnosticadas a tempo e corretamente. Um dos testes que mais usam os médicos especialistas baseia-se nas imagens obtidas da angiografia computadorizada que permite analisar em detalhe vasos sanguíneos e tecidos de várias partes do corpo humano (Radiological Society of North America, 2012).

## 2.2. Tomografia Computadorizada (CT)

A varredura por CT é um teste radiológico não invasivo, permite adquirir imagens de seção cruzada de um paciente utilizando medições da atenuação da emissão de raios-X tomados em diferentes ângulos (Oliveira, 2013). Este tipo de exame auxilia aos especialistas no diagnóstico e tratamento de diferentes doenças como câncer, doenças cardiovasculares e infecciosas, entre outras (Radiological Society of North America, 2013).

O aparecimento da tomografia axial computadorizada remonta ao ano de 1972, introduzido por Hounsfield (físico ganhador do Prêmio Nobel de Medicina em 1979 e responsável pelo primeiro exame de CT do crânio). Este método foi

amplamente desenvolvido e atualmente o mais utilizado é a CT espiral ou helicoidal, onde o paciente permanece deitado durante o exame e simultaneamente a fonte de radiação e os detectores, localizados em posições opostas, giram em torno do paciente durante a aquisição das imagens. Atualmente os tomógrafos multicortes, que têm de duas a 64 camadas de detectores, permitem cortes de 0,4 até 1,25 mm, com uma duração de 0,33 segundos por revolução, que é o tempo que o tubo de raios-X demora a dar um giro de  $360^{\circ}$ . A cada nova geração dos tomógrafos é possível alcançar melhores resoluções, em menor tempo e com menores distorções devido ao movimento ou respiração dos pacientes (de A. Maffei, et al., 2008). A Figura 3 ilustra uma tomografia da região abdominal.

As informações tridimensionais são compostas por uma série de cortes finos da estrutura interna do corpo, com o feixe de raios-X rigorosamente colimado para um corte específico por vez, sem superposição da imagem por anatomia sobrejacente. Além disso, não existe degradação da imagem por radiação secundária e difusa de tecidos fora do corte (Oliveira, 2009).

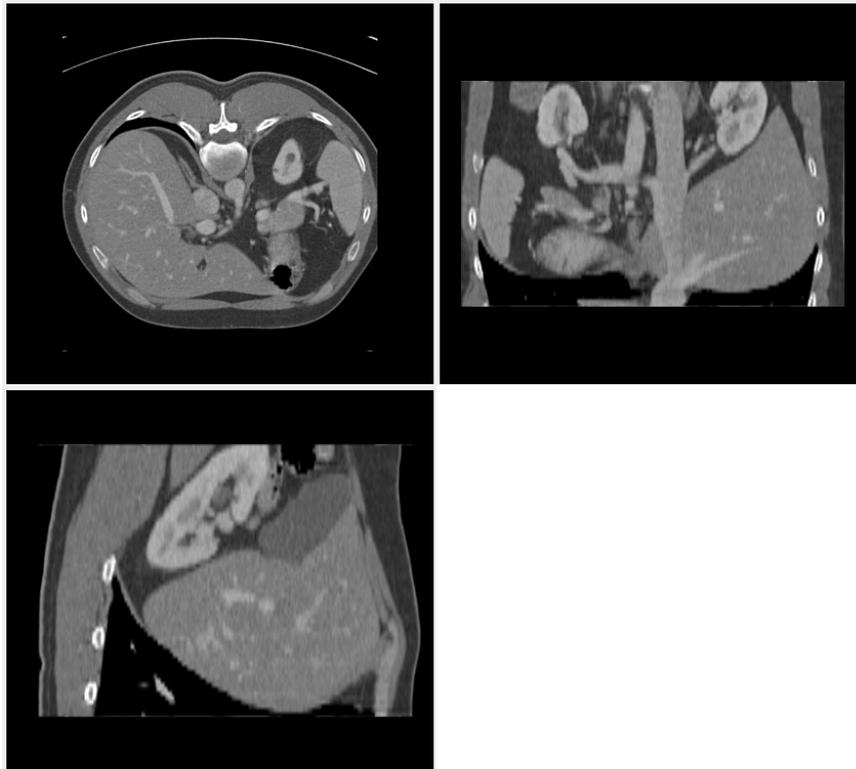


Figura 3. Exemplo de uma imagem de CT da região abdominal (de esquerda para direita, e de cima para baixo: vistas axial, coronal e sagital).

Na CT, a intensidade dos raios-X que atravessam o corpo é atenuada em função das densidades dos tecidos que vai encontrando no caminho. A intensidade atenuada é captada por detectores de fótons, e então é determinado o coeficiente de atenuação relativamente linear para cada elemento de volume, comumente chamado de voxel (volume element). Estes coeficientes são depois convertidos em uma escala numérica específica denominada Unidade Hounsfield (UH), que é uma unidade de medida de densidade tomográfica relacionada aos matizes de cinza (Oliveira, 2009). Nesta escala o ar mede -1.000 UH, a água pura mede 0 (zero), o osso +1.000 UH ou mais e as demais densidades do corpo estão distribuídas neste intervalo. Vasos, que usualmente contêm sangue, apresentam na média, valores entre 25 e 45 UH para sangue circulante, e entre 60 e 80 UH para sangue coagulado (de A. Maffei, et al., 2008).

Morfologicamente os vasos são de forma cilíndrica, e aparecem como círculos ou elipses nas imagens dependendo da vista (axial, sagital ou coronal). Na Figura 4 se apresentam imagens de um exame de CT melhoradas em contraste a fim de reconhecer visualmente aos vasos, identificados nos círculos verdes.

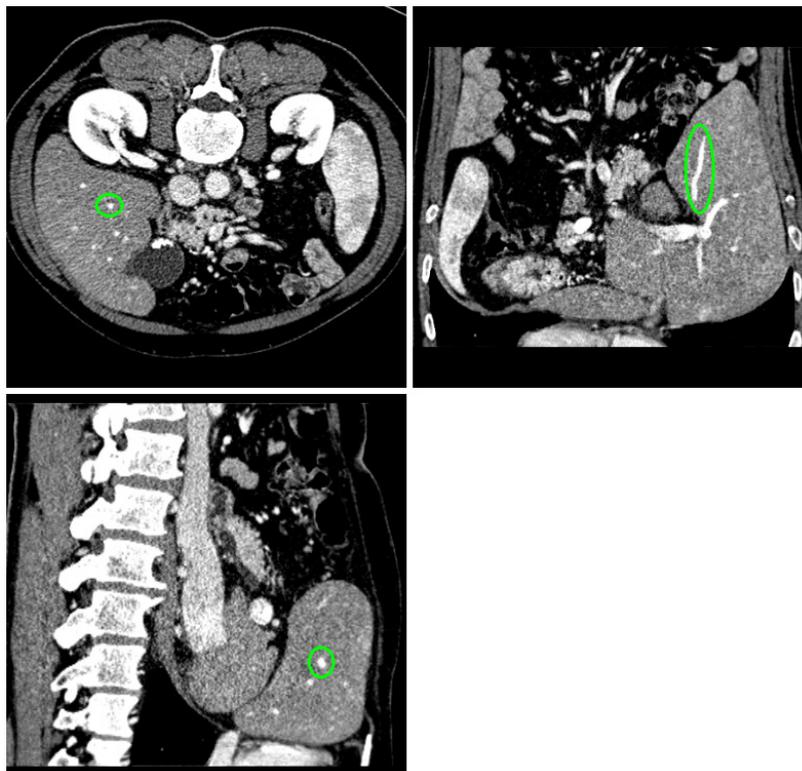


Figura 4. Representação dos vasos sanguíneos em imagens de CT.

### 2.3. Imagens Digitais

Uma imagem pode ser definida como uma função bidimensional,  $f(x, y)$ , onde  $x$  e  $y$  são coordenadas espaciais, e a amplitude  $f$  representa a intensidade (ou nível de cinza no caso das imagens monocromáticas) da imagem num par coordenado  $(x, y)$ . Quando  $x, y$  e os valores da intensidade de  $f$  têm valores finitos e discretos, podemos nos referir à imagem como *imagem digital*. Uma imagem digital é formada por um número finito de elementos, cada um com um valor particular, e estes elementos são denominados pixels (Gonzalez & Woods, 2008).

As imagens no formato RGB, utilizado para as imagens coloridas, são compostas por três componentes 2D que representam cada qual uma cor primária diferente (vermelho, verde e azul) e que em conjunto geram a cor em cada pixel; enquanto que as imagens monocromáticas estão compostas por uma componente 2D só.

Mesmo que as imagens sejam de natureza analógica, isto é, contínuas no espaço, elas podem ser convertidas em imagens digitais por meio de procedimentos de amostragem e quantização, a partir dos quais é obtida uma representação matricial de números da imagem e com eles podem se realizar diferentes operações matemáticas que permitem extrair informação útil das imagens.

Os exames de CT utilizados neste trabalho podem ser vistos como uma pilha regular de imagens em 2D, que em conjunto representam um volume 3D, ver Figura 5. Assim, cada exame pode ser representado como uma função  $f(x, y, z)$ , onde  $x, y$  e  $z$  são as coordenadas espaciais e  $f$  é a intensidade do voxel, lembrando que o voxel usualmente tem a forma de um paralelepípedo já que a escala de  $x$  e  $y$  não sempre é igual a escala em  $z$ .

### 2.4. Padrão DICOM

Há diferentes métodos de obtenção de imagens médicas de CT assim como vários fabricantes, assim, as imagens de CT devem estar caracterizadas por um formato padrão que permita trabalhar com imagens de diferentes sensores e fabricantes de forma confiável e compartilhável (Bidgood, et al., 1997).

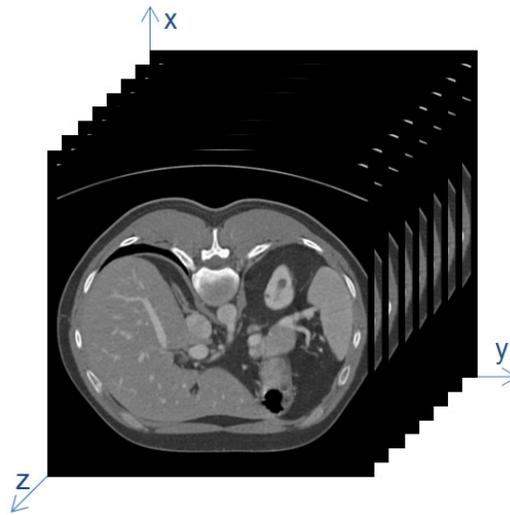


Figura 5. CT exame representado como uma imagem 3D.

Neste contexto surgiu o padrão DICOM (Digital Imaging Communications in Medicine). O DICOM é um programa criado com o objetivo de implementar uma padronização na formatação da informação em imagens médicas de modo a possibilitar a troca confiável de informações biomédicas, de diagnóstico e terapêuticas. Ele permite administrar, armazenar, imprimir e transmitir a informação em imagiologia médica, e inclui uma definição do formato do arquivo e um protocolo de comunicação de rede.

O padrão DICOM foi desenvolvido pela indústria de imagens médicas, representada por membros do NEMA (National Electric Manufacturers Association dos EUA) e pela comunidade de usuários deste tipo de imagens, como o American College of Radiology e o European Society of Cardiology. O DICOM Standards Committee também foi instituído com a finalidade de se reunir três vezes por ano e propor mudanças para o padrão de forma de adaptá-lo às novas necessidades (Oliveira, 2013).